

制冷设备



ZHILENG
SHEBEI
WEIXIU RUMEN

维修入门

陶洁 主编



化学工业出版社

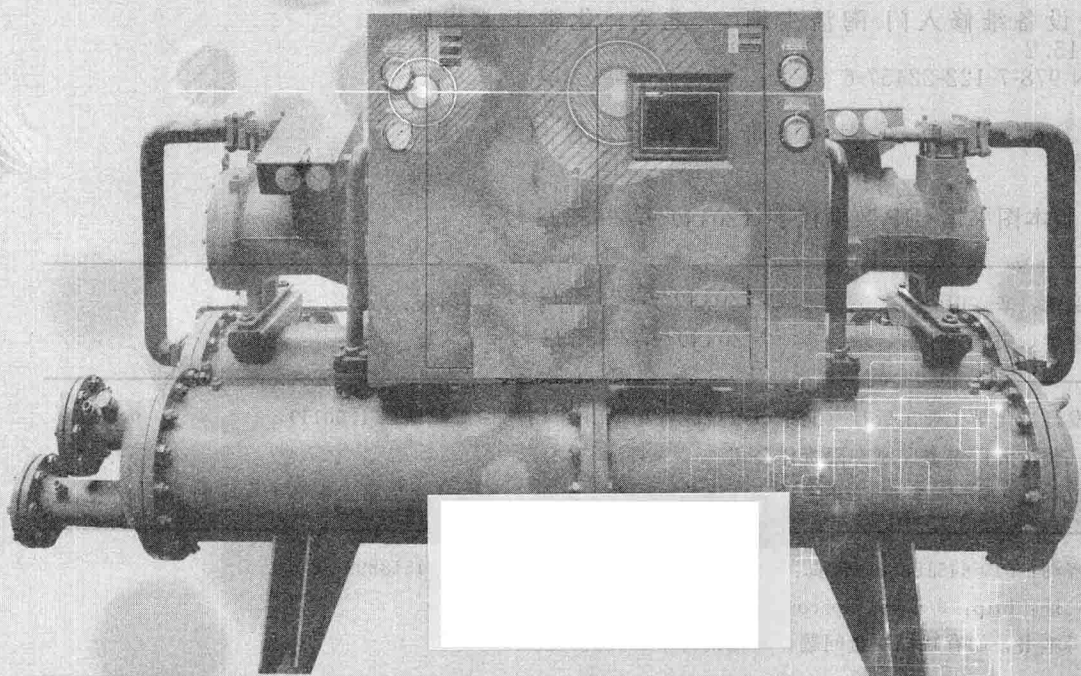
制冷设备



ZHILENG
SHEBEI
WEIXIU RUMEN

维修入门

陶洁 主编



化学工业出版社

·北京·

本书主要介绍了制冷设备维修基础知识、制冷设备维修基本技能、电冰箱维修入门、房间空调器的安装与检修入门、冷藏箱和小型冷库的维修入门。本书图文并茂，内容翔实，实用性强。

本书可作为初学制冷设备维修人员的入门培训教材，也可供制冷设备维修爱好者自学使用，还可供制冷设备维修技术人员参考，以及作为企业部门、各类制冷培训班的教学用书。

图书在版编目 (CIP) 数据

制冷设备维修入门/陶洁主编. —北京: 化学工业出版社, 2015. 2
ISBN 978-7-122-22457-6

I. ①制… II. ①陶… III. ①制冷装置-维修 IV.
①TB657

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 285632 号

责任编辑: 辛 田

文字编辑: 冯国庆

责任校对: 宋 玮

装帧设计: 张 辉

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 装: 大厂聚鑫印刷有限责任公司

787mm×1092mm 1/16 印张 15 1/4 字数 413 千字 2015 年 2 月北京第 1 版第 1 次印刷

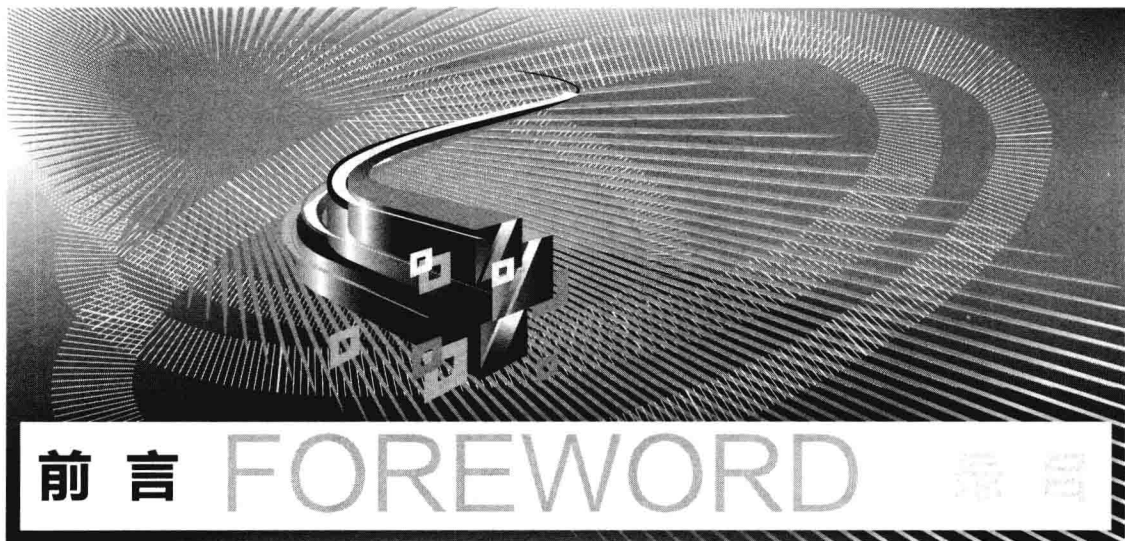
购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

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: 48.00 元

版权所有 违者必究



前言

FOREWORD

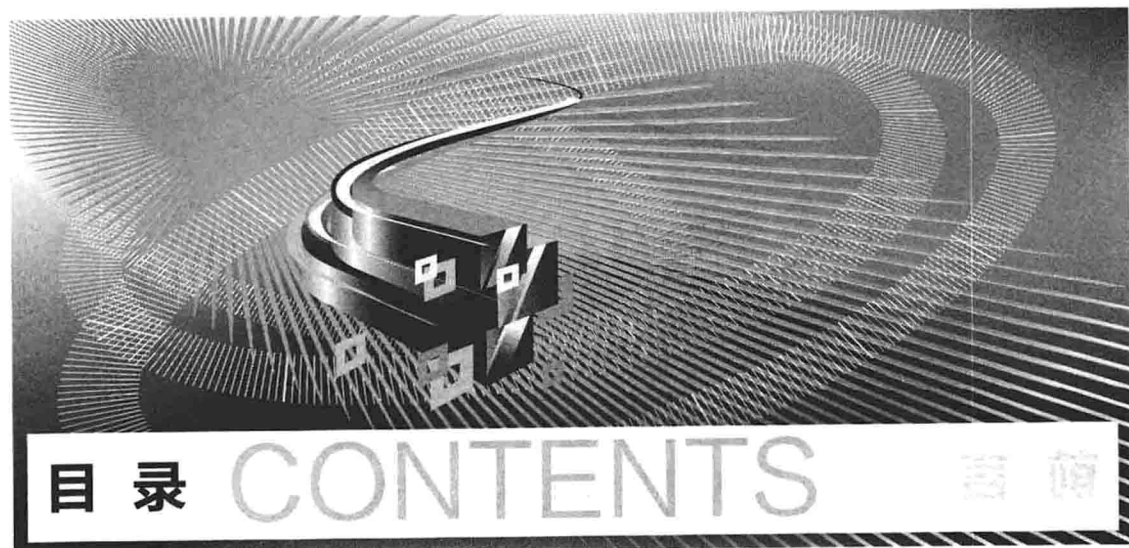
本书是重点介绍制冷设备维修技术的入门书，内容包括制冷设备维修基础知识、制冷设备维修基本技能、电冰箱维修入门、房间空调器的安装与检修入门、冷藏箱和小型冷库的维修入门。本书可作为初学制冷设备维修人员的入门培训教材，可供制冷设备维修爱好者自学使用，也可供制冷设备维修技术人员参考，还可作为企业部门、各类制冷培训班的教学用书。

本书以国家、行业颁布的最新规范、标准为准绳，密切联系生产实际、力求解决维修现场带有普遍性的问题。本书以应用为主，兼顾先进性。主要选择成熟可靠并通过实践检验的技术，同时也介绍一些指导性的科学理论和新技术，以求在传播推广过程中有所创新，使制冷设备维修技术不断保持先进性。本书内容丰富，叙述力求精炼、直观，图文表并茂，有启示、借鉴和指导意义，在文笔上，力求通俗易懂，简明扼要，充分体现针对性、实用性、先进性，并且携带使用方便。

本书由陶洁主编，张国东副主编。编写分工如下：第1、4章陶洁，第2章魏龙，第3、5章张国东。全书由滕文锐主审。本书在编写过程中，得到了郑刘根、戴路玲、蒋李斌、张鹏高、曾焕平、赵强、杜存臣、陶林颀、李强、刘其和、冯飞、张蕾、涂中强、金良、房桂芳、黄建等同志的大力帮助，在此一并表示衷心的感谢。

由于编写人员水平有限，书中不足之处在所难免，敬请同行和读者予以批评指正。

编者



第1章 制冷设备维修基础知识

1.1 热力学基础知识	1
1.1.1 工质的基本状态参数	1
1.1.2 热量与比热容	2
1.1.3 热力学基本定律概述	3
1.1.4 热传递	3
1.1.5 湿空气	4
1.2 电工电子技术基础知识	5
1.2.1 电阻器	6
1.2.2 电容器	8
1.2.3 变压器	11
1.2.4 二极管	12
1.2.5 三极管	15
1.3 单级蒸汽压缩式制冷原理	16
1.3.1 蒸汽压缩式制冷原理	16
1.3.2 单级蒸汽压缩式制冷理论循环	19
1.3.3 制冷剂、载冷剂与冷冻机油	21
1.3.4 制冷系统主要部件	27
1.3.5 制冷系统辅助设备	41

第2章 制冷设备维修基本技能

2.1 常用检测仪表及使用	44
2.1.1 万用表	44
2.1.2 兆欧表	49
2.1.3 钳形电流表	50

2.1.4	卤素检漏灯	51
2.1.5	电子检漏仪	52
2.1.6	压力真空表	53
2.1.7	风速仪	54
2.2	常用检修工具及使用	57
2.2.1	钳工工具	57
2.2.2	管工工具	61
2.2.3	量具	65
2.3	专用维修工具及使用	70
2.3.1	抽真空、定量充灌制冷剂设备	70
2.3.2	复式修理阀	71
2.3.3	顶针式开关阀	71
2.3.4	翅片梳	72
2.3.5	清洗喷壶	72
2.3.6	冲击钻	73
2.4	气焊操作技能	75
2.4.1	气焊设备	75
2.4.2	焊料和焊剂	83
2.4.3	焊接操作方法	84

第3章 电冰箱维修入门

3.1	家用电冰箱介绍	91
3.1.1	电冰箱分类与结构	91
3.1.2	电冰箱的制冷系统	99
3.1.3	电冰箱的电气控制系统	106
3.2	电冰箱的检修工艺	126
3.2.1	制冷系统的清洗	126
3.2.2	制冷系统的吹污与检漏	127
3.2.3	抽真空与充灌制冷剂	129
3.2.4	冷冻机油的更换	132
3.2.5	电冰箱的开背修理	133
3.3	压缩机检修	133
3.3.1	压缩机电动机故障排除	134
3.3.2	压缩机机械故障的检修	136
3.4	电冰箱故障诊断与排除	138
3.4.1	电冰箱电气系统故障判断与维修方法	138
3.4.2	电冰箱制冷系统故障判断与维修方法	147
3.4.3	电冰箱常见故障的检修	154
3.5	R134a、R600a 电冰箱维修技术	156
3.5.1	R134a 电冰箱维修技术	156

3.5.2 R600a 电冰箱维修技术	158
---------------------------	-----

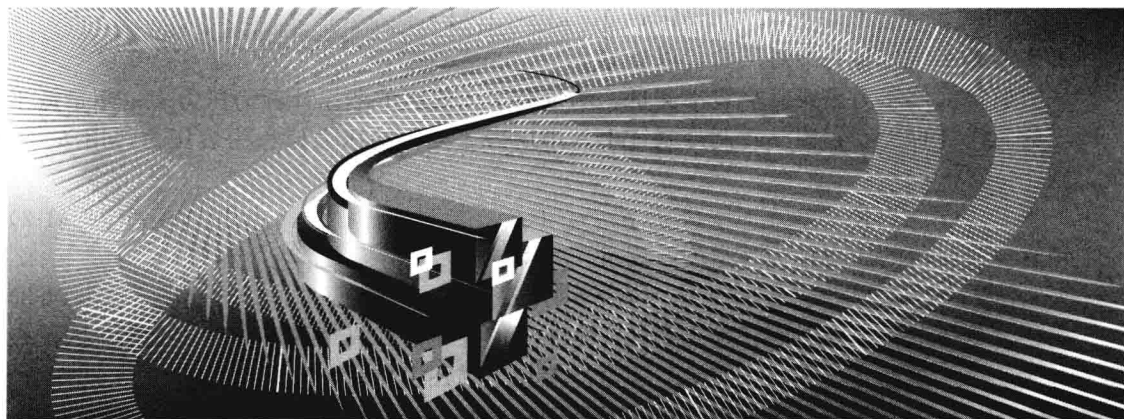
第4章 房间空调器的安装与检修入门

4.1 房间空调器介绍	161
4.1.1 房间空调器的型号与技术参数	161
4.1.2 空调器的基本结构与工作原理	163
4.1.3 房间空调器电气与控制系统	167
4.2 空调器检漏、抽真空、充注制冷剂	182
4.2.1 分体式空调器检漏、抽真空、充注制冷剂	182
4.2.2 窗式空调器检漏、抽真空、充注制冷剂	185
4.2.3 房间空调制冷剂充注量的确定	185
4.3 分体式空调器的安装	187
4.3.1 房间空调器的安装要求	187
4.3.2 房间空调器的安装准备	189
4.3.3 分体式空调器的安装	190
4.4 房间空调器故障检修	197
4.4.1 房间空调器常见故障分析与排除	197
4.4.2 常见微电脑控制空调故障代码	207

第5章 其他小型制冷设备维修入门

5.1 冷藏箱维修入门	212
5.1.1 冷藏箱的结构	212
5.1.2 冷藏箱的制冷系统	213
5.1.3 冷藏箱的电气控制系统	215
5.1.4 冷藏箱的维修操作工艺	216
5.1.5 冷藏箱常见故障的分析与排除	223
5.2 小型冷库维修入门	233
5.2.1 小型冷库的组成和类型	233
5.2.2 小型冷库的制冷系统	239
5.2.3 小型冷库的电气控制系统	241
5.2.4 小型冷库常见故障的分析与排除	243
5.2.5 小型冷库常见故障的分析与排除	244

参考文献



第1章 制冷设备维修基础知识

1.1 热力学基础知识

1.1.1 工质的基本状态参数

能量是物质运动的量度，能量与物质是不可分割的。在热力过程中，热能与机械能之间的相互转换以及热能的转移，都是借助于某种媒介物质来完成的。这种实现能量传递与转换的媒介物质称为工质。

工质在某一瞬间所承受的宏观物理状况称为工质的热力状态，简称状态。描述工质热力状态的宏观物理量称为热力状态参数，简称状态参数。温度、压力、比体积可以直接或间接用仪器测出的量，是最常用的状态参数，称为基本状态参数。

(1) 温度

温度是用来表征物体冷热程度的物理量。温度的数值标尺称为温标。常见的温标有摄氏温标和热力学温标。

摄氏温标是指在标准大气压（1.01325MPa）下，冰水混合物的温度为 0℃，水的沸点为 100℃，中间划分为 100 等份，每等份为 1℃。摄氏温标用符号 t 表示，单位为℃（摄氏度）。

国际单位制（SI）中常采用热力学温标。热力学温标是以绝对零度（相当于一273.150℃）作为计算起点的温标，符号用 T 表示，单位为 K（开尔文）。

热力学温标与摄氏温标的关系为：

$$T = t + 273.15 \quad (1-1)$$

(2) 压力

压力是指单位面积上承受的垂直作用力，即物理学中的压强，用符号 p 表示。气体的压力指气体对单位面积的容器壁施加的垂直作用力。空气对地球表面所产生的压力称为大气压力，简称大气压，用 p_b 表示。

压力的国际单位为帕斯卡，简称帕，用符号 Pa 表示。因压力的单位帕斯卡很小，故实际中常用千帕（kPa）或兆帕（MPa）作为单位。它们之间的关系为：

$$1\text{MPa}=10^3\text{kPa}=10^6\text{Pa}$$

工质的真实压力称为绝对压力，以 p 表示。

压力通常采用压力表或真空表来测量。测量高于大气压的测压计称为压力表；测量低于大气压的测压计称为真空表。在制冷系统中，用压力表测得的压力值称为表压力，用 p_g 表示，则：

$$p = p_g + p_b \quad (1-2)$$

用真空表测得的压力称为真空度，用 p_v 表示，则：

$$p = p_b - p_v \quad (1-3)$$

由于大气压的数值随时间和地点变化，则测出的表压力和真空度也会随之变化。因此表压力和真空度不是状态参数，只有绝对压力才能作为描述工质状态的状态参数。

(3) 比体积

单位质量的物质所占有的体积称为比体积，用符号 v 表示，单位为 m^3/kg 。如果质量为 m 的工质所占有的体积为 V ，则工质的比体积为：

$$v = \frac{V}{m} \quad (1-4)$$

单位体积工质的质量称为密度，用符号 ρ 表示，单位为 kg/m^3 。比体积与密度互为倒数，即：

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{1}{v} \quad (1-5)$$

比体积和密度都是说明工质在某一状态下分子疏密程度的物理量，两者互不独立，通常以比体积作为状态参数。

1.1.2 热量与比热容

(1) 热量

温度不同的两个物体相互接触时，两物体通过接触表面进行能量交换，导致高温物体温度下降，低温物体温度升高。这种依靠温差通过边界传递的能量称为热量。热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，以 J 表示，工程上常用千焦 (kJ) 表示， $1\text{kJ}=1000\text{J}$ 。

(2) 比热容和热量的计算

单位质量的某种物质，在温度升高（或降低） 1K 时所吸收（或放出）的热量称为该物质的质量比热容，又称比热容，用符号 c 表示，单位为 $\text{J}/(\text{kg} \cdot \text{K})$ 。

物质的比热容与所进行的过程有关。在工程应用上常用的有比定压热容与比定容热容。

① 比定压热容 c_p 单位质量的物质在压力不变的条件下，温度升高（或降低） 1K 时所吸收（或放出）的热量。

② 比定容热容 c_v 单位质量的物质在容积不变的条件下，温度升高（或降低） 1K 时所吸收（或放出）的热量。

物质得到或失去的热量与物质的质量热容、质量和温度的变化值成正比。热量的计算式为：

$$Q = cm\Delta T \quad (1-6)$$

式中 Q ——热量， kJ ；

m ——质量， kg ；

c ——质量比热容, $\text{kJ}/(\text{kg} \cdot \text{K})$;

ΔT ——物体初始和终了的温差, K 。

热力学中规定, 系统(工质)从外界吸热, 热量为正; 系统(工质)向外界放热, 热量为负。

1.1.3 热力学基本定律概述

热力学第一和第二定律是基本定律, 也是制冷技术的理论基础。热力学基本定律说明了制冷设备中能量之间的转换关系与条件。

(1) 热力学第一定律

热力学第一定律是对能量转化和守恒定律的一种表述方式。它可以表述为: 自然界中一切物质都具有能量, 能量既不能被消灭, 也不能被创造, 但可以从一种形式转化为另一种形式, 从一个物体传递给另一个物体, 在能量转化和传递的过程中, 能量的总量保持不变。也可以表述为: 热可以转变为功, 功也可以转变成热; 消耗一定的功, 必然产生一定的热, 一定的热消失时, 也必然产生一定的功。

历史上, 有人曾幻想制造一种可以不消耗能量而连续做功的机器, 称为第一类永动机。由于它违背了能量守恒定律, 故其不可能存在。

(2) 热力学第二定律

热力学第二定律说明的是有关热现象的各种过程进行的方向、条件和深度等问题的规律, 其中最根本的是关于方向的问题。对于热力学第二定律有两种经典表述。

克劳修斯表述为: “不可能把热量从低温物体传向高温物体而不引起其他变化。”

开尔文表述为: “不可能制成一种循环动作的热机, 从单一热源取热, 使其完全变为功而不引起其他变化。”

开尔文的表述指出了第二类永动机的不可能性。通常人们把从单一热源取热并使其完全转变为功的机器称为第二类永动机, 如从大气、海洋吸取热量, 利用这些热量做功的机器。它虽然不违背能量守恒定律, 却违反了热力学第二定律。从海水、大气吸热做功, 就是从单一热源吸取热量使其完全变成有用功不产生其他影响, 开尔文的说法指出这是不可能实现的。

1.1.4 热传递

热传递是自然界普遍存在的一种自然现象, 是热量从高温物体传到低温物体, 或者从物体的高温部分传到低温部分的过程。只要物体之间或同一物体的不同部分之间存在温度差, 就会有热传递现象发生, 并且将一直继续到温度相同的时候为止。发生热传递的唯一条件是存在温度差, 与物体的状态及物体间是否接触都无关。

热传递的方式有三种: 导热、(热)对流和(热)辐射。

(1) 导热

导热又称为热传导, 是指物体各部分之间不发生相对位移或不同的物体直接接触时, 依靠物质的分子、原子及自由电子等微观粒子的热运动而产生的热量传递。所以理论上讲导热可以在固体、液体和气体中发生。但单纯的导热一般只发生在密实的固体中, 因为气体与液体具有流动性, 在产生导热的同时往往伴随宏观相对位移(即对流)而使热量转移。在工程应用中, 一般把发生在换热器管壁、管道保温层、墙壁等固态材料中的热量传递均可看作导热过程处理。例如: 制冷装置中的蒸发器, 当温度较低的制冷剂在铜管内流动时, 铜管外温

度较高的空气或冷媒水将热量传递给制冷剂,使其汽化。热量从铜管外壁传递到内壁的过程纯属导热过程。

不同物体的导热本领不同,善于传导热的物体叫做热的良导体,如银、铜、铝、铁等金属;不善于传导热的物体叫做热的不良导体或绝缘材料,如玻璃棉、聚氨酯泡沫塑料、软木、空气等。制冷设备要根据不同的需要,选用不同的材料。如蒸发器、冷凝器等传热设备,应采用铜、钢、铝等良导体;而箱体等隔热材料,应选用聚氨酯泡沫塑料、玻璃棉等绝热材料。

(2) (热) 对流

热对流通常发生在流体内部或流体与容器之间,主要由于流体的宏观运动,从而使流体各部分之间发生相对位移,致使冷热流体互相掺混和移动而引起的热量传递现象。在传热学中,对流被分为自然对流与强制对流两大类。

仅仅依靠流体温度差进行的对流称为自然对流,如暖气片表面的冷、热空气流动就是自然对流。当有外力推动(如通过泵或者风扇)流体导致流体运动的对流现象称为强制对流,如空调装置中的冷媒水、冷却水、空气的流动就是由水泵、风机所驱动。

(3) (热) 辐射

热辐射是物体由于具有温度而辐射电磁波的现象。热辐射是一种物体用电磁辐射的形式把热能向外散发的热传递方式,它不依赖任何外界条件而进行,在真空中也能进行。热辐射是热的三种主要传导方式之一。

一切温度高于绝对零度的物体都能产生热辐射,物体间的温差越大,热辐射越强烈。热辐射的大小还与物体表面性质有关,物体越黑、越粗糙,越容易辐射热和吸收热;物体表面越白、越光滑,越不容易吸收辐射热,但善于反射辐射热。如冰箱白色的外表面是为了减少外界辐射热的吸收,冰箱背后的冷凝器和压缩机喷涂上黑漆有利于将内部的热量以热辐射的形式散发出去。

1.1.5 湿空气

含有水蒸气的空气称为湿空气,不含水蒸气的空气称为干空气。由于地球表面的水分蒸发,大气中总是含有一些水蒸气。因此自然界中存在的空气都是干空气与水蒸气的混合物,即湿空气。

(1) 湿空气的湿度

湿度是湿空气中水蒸气的含量。空气的湿度有绝对湿度、相对湿度和含湿量三种表示方法。

1) 绝对湿度 在标准大气压下,每立方米湿空气中所含水蒸气的量,称为绝对湿度,用符号 ρ_v 表示,单位为 kg/m^3 。其定义式为:

$$\rho_v = \frac{m_v}{V} \quad (1-7)$$

绝对湿度只能说明湿空气中实际所含水蒸气的多少,而不能说明湿空气的干、湿程度或吸湿能力的大小。为此引入了相对湿度的概念。

2) 相对湿度 湿空气的绝对湿度与同温度下的饱和湿空气的绝对湿度的比值称为相对湿度,用符号 φ 表示。

$$\varphi = \frac{\rho_v}{\rho_s} \quad (1-8)$$

相对湿度反映了未饱和湿空气接近同温度下饱和湿空气的程度,或湿空气中水蒸气接近饱和和状态的程度,因此又称为饱和度。

相对湿度数值在 0~1 之间,其大小反映了湿空气干、湿程度或吸湿能力。相对湿度越小,湿空气越干燥,吸湿能力越强;相反,相对湿度越大,湿空气越潮湿,吸湿能力越弱;当相对湿度为 1 时,为饱和湿空气,不具有吸湿能力。

3) 含湿量 在湿空气的处理过程中,往往干空气的质量不发生变化,变化的是水蒸气的质量,因此为了计算方便,常常以 1kg 的干空气为计算标准。为此,引出了含湿量的概念。

含有 1kg 的干空气的湿空气中所含有的水蒸气的质量称为含湿量或比湿度,它是湿空气中水蒸气的质量 m_v 与干空气质量 m_a 的比值,用符号 d 表示,单位为 kg/kg (干空气),即:

$$d = \frac{m_v}{m_a} \quad (1-9)$$

含湿量在过程中的变化量 Δd ,表示 1kg 干空气组成的湿空气在过程中所含水蒸气质量的改变,即湿空气在过程中吸收或析出的水分。

(2) 湿空气的温度

1) 干球温度 用普通温度计直接暴露于空气中测得的湿空气温度称为湿空气的干球温度,以符号 t 表示。它是湿空气的真实温度。

干球温度只能反映湿空气的测量温度,并不能反映出湿空气中水蒸气的含量多少和湿空气是否还具有吸收水蒸气的能力。

2) 湿球温度 如图 1-1 所示为干湿球温度计。其中没有包纱布的温度计是干球温度计,它所测得是湿空气的干球温度。另一支用湿纱布包裹温度计的感温部分(水银球),纱布下端浸在水中,以保证纱布一直处于充分润湿状态,这种温度计称为湿球温度计。湿球温度计在空气中达到稳定或平衡时,温度计的指示值称为湿球温度,以符号 t_w 表示。

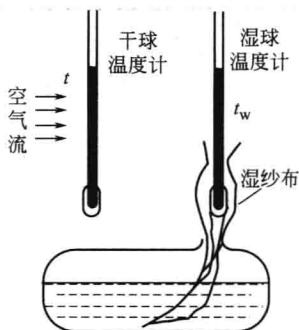


图 1-1 干湿球温度计

湿球温度的高低取决于湿空气的温度和湿度。当空气的温度一定时,湿度越大,测得的湿球温度越接近空气的干球温度,当空气中的水蒸气达到饱和状态时,测得的湿球温度与干球温度相等。

3) 露点温度 对未饱和湿空气,保持含湿量和大气压不变,逐渐降低空气的温度,当空气中水蒸气达到饱和状态,开始凝结成水滴时的温度称为露点温度,简称为露点,用符号 t_d 表示。即当温度降至露点温度以下,湿空气中便会有水滴析出。如空调机组蒸发器表面的水珠,就是由于湿空气遇到了低于其露点温度的冷表面时,其中水蒸气凝结为水的结露现象。

当露点温度低于 0℃ 时,如湿空气的温度等于露点温度,那么水蒸气就直接凝固为冰,简称结霜。因此,露点温度可以预报是否有霜冻。

1.2 电工电子技术基础知识

制冷装置控制电路由许多电子元器件组成。本节将介绍制冷装置控制电路基本的电子元器件。

1.2.1 电阻器

电阻器是具有一定电阻值的电子元件，又称为电阻，用符号 R 表示，单位为欧姆，简称欧，用符号 Ω 表示。电阻的常用单位还有千欧（ $k\Omega$ ）、兆欧（ $M\Omega$ ）和毫欧（ $m\Omega$ ）， $1k\Omega=1000\Omega$ ， $1M\Omega=1000k\Omega$ ， $1\Omega=1000m\Omega$ 。

(1) 电阻器的分类及型号命名方法

1) 电阻器的分类 电阻器的种类很多，随着电子技术的发展，新型电阻器会日益增多。电阻器分为固定电阻器和可变电阻器两大类。固定电阻器按材料及用途又可分成多个种类。

按材料来分，电阻器可以分为线绕型和非线绕型两大类。非线绕型的电阻又分为薄膜型和合成型两类。

按用途来分，电阻器分为通用电阻器、精密电阻器、高阻电阻器、功率型电阻器、高压电阻器和高频电阻器等。

按结构来分，又可以分为圆柱形电阻器、管形电阻器、圆盘形电阻器以及平面形电阻器等。

按引出线形式的不同，又可分为轴向引线型、径向引线型、同向引线型及无引线型等。

按保护方式的不同，又可分为无保护、涂漆、塑压、密封和真空密封等类型。

2) 电阻器的型号命名方法 电阻器的型号命名方法见表 1-1。

表 1-1 电阻器的型号命名方法

第一部分:主称		第二部分:材料		第三部分:类别		第四部分:符号
符号	意义	符号	意义	符号	意义	用数字表示
R	电阻器	T	碳膜	1	普通	
		H	合成碳膜	2	普通	
		S	有机实芯	3	超高频	
		N	无机实芯	4	高阻	
		J	金属膜	5	高温	
		Y	氧化膜	6	—	
		C	沉积膜	7	精密	
		I	玻璃釉膜	8	高压	
		P	硼酸膜	9	特殊	
		U	硅酸膜	G	高功率	
		X	线绕	T	可调	
		M	压敏			
		G	光敏			
		R	热敏	B	温度补偿用	
				C	温度测量用	
P	旁热式					
W	稳压式					
Z	正温度系数					

(2) 电阻器的标示方法

电阻器常用的规格标示方法有两种，即直标法和色标法。

1) 直标法 直标法就是将电阻器的类别、标称阻值、允许偏差及额定功率等直接标注在电阻器的外表面上,如图 1-2 所示。图 1-2(a)表示标称阻值为 20kΩ、允许偏差为±0.1%、额定功率为 2W 的线绕电阻器;图 1-2(b)表示标称阻值为 2kΩ、额定功率为 4W 的线绕电阻器;图 1-2(c)表示标称阻值为 1.2kΩ、允许偏差为±10%、额定功率为 0.5W 的碳膜电阻器。

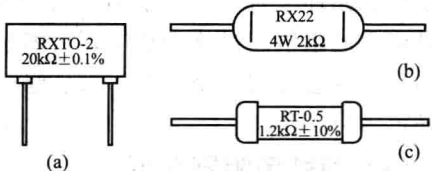


图 1-2 电阻器直标法实例

还有的用数字和单位符号组合在一起表示,文字符号前面的数字表示整数阻值,文字符号后面的数字表示小数点后面的小数阻值。如“6k8”表示 6.8kΩ。直标法标志电阻值的单位标志符号见表 1-2。

表 1-2 直标法标志电阻值的单位标志符号

文字符号	单位及进位数	文字符号	单位及进位数
R	$\Omega(10^0\Omega)$	G	$G\Omega(10^9\Omega)$
K	$k\Omega(10^3\Omega)$	T	$T\Omega(10^{12}\Omega)$
M	$M\Omega(10^6\Omega)$		

2) 色标法 色标法指的是用不同颜色的色带或色点标志在电阻器表面上,以表示电阻器的标称阻值和允许偏差。它具有颜色醒目、标志清晰、无方向性的优点,小型化的电阻器都采用色标法。电阻器色标法各种颜色所表示的意义见表 1-3。

表 1-3 电阻器色标法各种颜色所表示的意义

颜色	有效数字	倍乘数 $n(10^n)$	允许误差/ $\times 10\%$
棕	1	1	± 1
红	2	2	± 2
橙	3	3	
黄	4	4	
绿	5	5	± 0.5
蓝	6	6	± 0.2
紫	7	7	± 0.1
灰	8	8	
白	9	9	
黑	0	0	
金	—	-1	± 5
银	—	-2	± 10
无	—	—	± 20

普通电阻一般用 4 环表示,精密电阻用 5 环表示,如图 1-3 所示。例如,某电阻器四环颜色依次为红、红、黑、金,则它的电阻值为 $22 \times 100\Omega = 2200\Omega$,允许偏差为±5%。另一个电阻器的

五环颜色依次为棕、紫、红、金、棕,则它为精密电阻器,其阻值为 $172 \times 10^{-1}\Omega = 17.2\Omega$,允许偏差为±1%。

确定色环电阻的第一环尤为重要。对于四环电阻,因表示误差的色环只有金色或银色,色环中的金色环或银色环

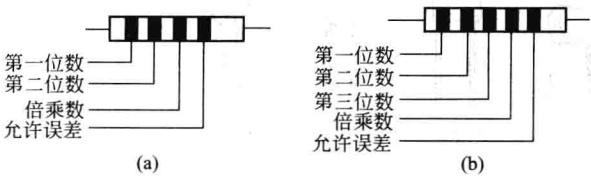


图 1-3 电阻器的色标法

一定是第四环。对于五环电阻，可以从阻值范围判断，因为一般电阻的范围是 $0 \sim 10\text{M}\Omega$ ，如果读出的阻值超过这个范围，可能是第一环选错了。也可以从误差环的颜色判断，表示误差的色环颜色有银、金、紫、蓝、绿、红、棕，如靠近电阻器端头的色环不是误差颜色，则可确定为第一环。

(3) 特殊电阻器介绍

1) 敏感电阻器 敏感电阻器是指其电阻值对于某种物理量（如温度、湿度、光照、电压、机械力、以及气体浓度等）具有敏感特性，当这些物理量发生变化时，敏感电阻的阻值就会随物理量变化而发生改变，呈现不同的电阻值。敏感电阻器所用的材料几乎都是半导体材料，这类电阻器也称为半导体电阻器。制冷设备电路中常用的敏感电阻器主要有热敏、光敏、压敏等类型敏感电阻。

① 热敏电阻 它的阻值随温度变化而变化，温度升高阻值减小的为负温度系数热敏电阻（NTC）；温度升高阻值增大的为正温度系数热敏电阻（PTC）。应用较多的是负温度系数热敏电阻，又可分为普通型负温度系数热敏电阻、稳压型负温度系数热敏电阻和测温型负温度系数热敏电阻等。热敏电阻在制冷装置中被广泛用于温度传感器。

② 光敏电阻 当入射光增强时，光敏电阻的电阻值减小；入射光减弱时，电阻值增大。

③ 压敏电阻 当外加电压较低时，流过电阻的电流很小，压敏电阻器呈高阻状态；当外加电压达到或超过压敏电压时，压敏电阻器的阻值急剧下降并迅速导通，其工作电流会增加几个数量级，从而有效地保护了电路中的其他元件不会因过压而损坏。压敏电阻在制冷装置中被广泛用于电源电路的过压保护。

2) 熔断电阻器 在正常情况下起着电阻和保险丝的双重作用，当电路出现故障而使其功率超过额定功率时，它会像保险丝一样熔断使连接电路断开。保险丝电阻一般电阻值都较小（ $0.33\Omega \sim 10\text{k}\Omega$ ），功率也较小。

1.2.2 电容器

(1) 电容器的结构

电容器是由两个金属电极中间夹一层绝缘电介质所构成的，介质包括纸介、涤纶、云母、瓷介、聚苯乙烯、陶瓷玻璃釉和电解液等，用环氧树脂、金属、陶瓷、塑料、胶木等进行外壳封装而成。其外形有条形、圆柱形、方形、扁豆形等。

(2) 电容器的分类

电容器按其容量是否可变，分为固定电容、可变电容、微调电容三类。

1) 固定电容器 固定电容器的电容量固定不变。如图 1-4 所示为几种固定电容器的外形和电路符号。其中图 1-4(a) 中，无十的表示无极性的电容器，带十的表示电解电容器，十号表示该引脚为正，另一个引脚为负。使用时不可将极性接反，不可接到交流电路中，否则电容器会被击穿。

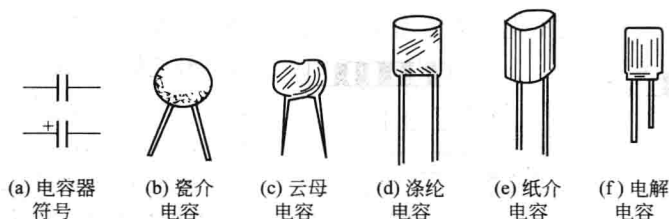


图 1-4 固定电容器外形及电路符号

2) 可变电容器 可变电容器的电容量能在较大范围内随意调节。按结构可分为单连、双连、三连、四连等。按介质可分为空气介质、薄膜介质两类,其外形及符号如图 1-5 所示。

3) 微调电容器 微调电容器的电容量可在小范围内变化,主要用于调谐回路中,微调谐振频率,其外形及符号如图 1-6 所示。

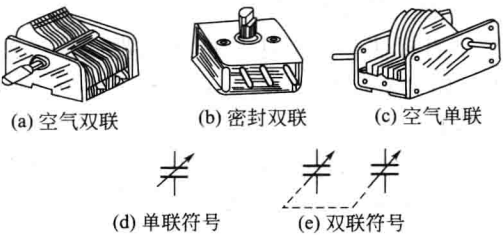


图 1-5 可变电容器外形及符号



图 1-6 微调电容器外形及符号

(3) 型号命名和标识

1) 电容器的型号命名 国产电容器的型号一般由四部分组成(不适用于压敏、可变、真空电容器)。

第一部分表示电容器主称,用 C 表示。

第二部分表示电容器的介质材料,空调配件电容器用字母表示产品的材料:A——钽电解、B——聚苯乙烯等非极性薄膜、C——高频陶瓷、D——铝电解、E——其他材料电解、G——合金电解、H——复合介质、I——玻璃釉、J——金属化纸、L——涤纶等极性有机薄膜、N——钽电解、O——玻璃膜、Q——漆膜、T——低频陶瓷、V——云母纸、Y——云母、Z——纸介。

第三部分表示元件分类,见表 1-4。

第四部分表示元件序号。

表 1-4 电容器分类部分数字和字母含义

数字和字母	含 义			
	瓷介电容器	云母电容器	有机电容器	电解电容器
1	圆片	非密封	非密封	箔式
2	管形	非密封	非密封	箔式
3	叠片	密封	密封	烧结粉液体
4	独石	密封	密封	烧结粉固体
5	穿心		穿心	
6	支柱等			
7				无极性
8	高压	高压	高压	
9			特殊	特殊
G	高功率型			
T	叠片型			
W	微调型			
J	金属化型			
Y	高压型			

2) 电容器的标识法

① 直标法 直标法是指将主要技术指标直接标注在电容器表面,尤其是体积较大的电容器。如 CA30-160V-2.2 μ F,表示液体钽电解电容器,额定工作电压为 160V,电容量为 2.2 μ F。

② 文字符号法 文字符号法是指用阿拉伯数字和字母符号两者有规律的组合标注在电容器表面来表示标称容量。如 p10 表示 0.1pF、1p0 表示 1pF、6p8 表示 6.8pF、2 μ 2 表示 2.2 μ F。

③ 色标法 色标法的原则及色标意义与电阻器色标法基本相同,其单位是皮法 (pF)。色码的读码方向是从顶部向引脚方向读。

(4) 电容器的作用

1) 旁路 旁路电容是为本地器件提供能量的储能器件,它能使稳压器的输出均匀化,降低负载需求。就像小型可充电电池一样,旁路电容能够被充电,并向器件进行放电。为尽量减少阻抗,旁路电容要尽量靠近负载器件的供电电源管脚和地管脚。这能够很好地防止输入值过大而导致的地电位抬高和噪声。地电位是地连接处在通过大电流时的电压降。

2) 去耦 去耦,又称解耦。从电路来说,总是可以区分为驱动源和被驱动的负载。如果负载电容比较大,驱动电路要将电容充电、放电,才能完成信号的跳变,在上升沿比较陡峭的时候,电流比较大,这样驱动的电流就会吸收很大的电源电流,这种电流相对于正常情况来说实际上就是一种噪声,会影响前级的正常工作,这就是所谓的“耦合”。

去耦电容就是起到一个“电池”的作用,满足驱动电路电流的变化,避免相互间的耦合干扰,在电路中进一步减小电源与参考地之间的高频干扰阻抗。

将旁路电容和去耦电容结合起来将更容易理解。旁路电容实际也是去耦合的,只是旁路电容一般是指高频旁路。高频旁路电容一般比较小,根据谐振频率一般取 0.1 μ F、0.01 μ F 等;而去耦电容的容量一般较大,可能是 10 μ F 或者更大,依据电路中的分布参数以及驱动电流的变化大小来确定。旁路是把输入信号中的干扰作为滤除对象,而去耦是把输出信号的干扰作为滤除对象,防止干扰信号返回电源,这是它们的本质区别。

3) 滤波 从理论上(即假设电容为纯电容)说,电容越大,阻抗越小,通过的频率也越高。但实际上超过 1 μ F 的电容大多为电解电容,有很大的电感成分,所以频率高后反而阻抗会增大。有时会看到有一个电容量较大的电解电容并联了一个小电容,这时大电容通低频,小电容通高频。电容的作用就是通高频、阻低频。电容越大,高频越容易通过。具体用在滤波中,大电容(1000 μ F)滤低频,小电容(20pF)滤高频。

4) 储能 储能型电容器通过整流器收集电荷,并将存储的能量通过变换器引线传送至电源的输出端。电压额定值为 40~450V(DC)、电容值在 220~150000 μ F 之间的铝电解电容器是较为常用的。根据不同的电源要求,器件有时会采用串联、并联或其组合的形式,对于功率级超过 10kW 的电源,通常采用体积较大的罐形螺旋端子电容器。

(5) 电容器的检测

电容器常见故障为开路、短路、漏电,其故障用万用表能很容易检查出来,至于电容量小或轻微漏电的电容器用万用表直接测量比较困难。除电解电容外一般电容器阻值都很大,在十几兆欧以上。如果小于 1M Ω ,则表示电容漏电。

1) 电容器好坏判断 将万用表调至只 $R \times 100k\Omega$ 挡、用表笔接触电容两脚。若表针跳动一下,然后又慢慢退回到电阻值为无穷大方向,表示该电容器正常;如果表针跳动范围小,则表示电容量小;如果表针跳动之后突然停在某处阻值上不动,则表示该电容漏电。对