

简明 制冷空调工 手册

张金城 主编

机械工业出版社

简明制冷空调工手册

张金城 主编

机械工业出版社

本手册系统、全面地阐述了制冷空调技术的必备基础理论, 制冷剂、冷冻油和载冷剂, 制冷压缩机、制冷循环系统和自控系统主要部件, 维修用器材和基本工艺等共用技术。分章介绍了冷藏柜、电冰箱、空调器等制冷空调设备的工作原理、基本构造、控制电路, 并结合典型维修实例介绍了制冷空调设备的故障分析和维修处理方法。在近百个典型维修实例中, 基本概括了维修使用中可能碰到的各种故障问题。本手册内容反映了国内外制冷空调领域的最新技术成果, 数据、资料全面翔实, 理论联系实际, 通俗易懂、简明扼要, 便于读者查阅。

本手册是制冷空调设备安装、维修工人, 使用人员及设计、制造等技术人员的必备工具书, 也可作为制冷空调专业学生的参考书。

图书在版编目 (CIP) 数据

简明制冷空调工手册/张金城主编. —北京: 机械工业出版社, 1996. 12

ISBN 7-111-05198-X

I. 简… II. 张… III. 制冷-空调-手册 IV. TB6-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (96) 第 07005 号

出版人: 马九荣 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑: 边 萌 版式设计: 霍永明 责任校对: 肖新民

封面设计: 方 芬 责任印制: 路 琳

北京市密云县印刷厂印刷 · 新华书店北京发行所发行

1999 年 3 月第 1 版第 2 次印刷

787mm×1092mm¹/₃₂ · 20 印张 · 5 插页 · 572 千字

4 001—8 000 册

定价: 32.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

前 言

伴随着我国国民经济和科学技术的迅速发展及人民生活水平的不断提高,制冷和空气调节设备已广泛应用于工业、农业、国防、商业、医疗卫生业、食品业、建筑业和科学实验等领域,与之相适应的制冷空调技术也得到了迅猛发展。根据新的热力学的有关理论,采用新型节能压缩机、新型制冷剂及新工艺、新元件、新材料等制造的制冷空调设备越来越多,这样也给制冷空调设备的使用、安装、维修等带来了一系列新问题。为此,编写一本内容新颖实用而系统的制冷空调技术工具书,以满足广大从事制冷空调设备的安装维修工人、生产销售人员、使用管理人员的需要是十分必要的。

本手册比较系统、全面地反映了制冷空调技术的最新成果,文字简明扼要,避免复杂的理论阐述。对于制冷和空调专业共用的技术问题集中论述,以免重复。

全书共十章。第一章叙述了制冷空调技术的理论基础,如热力学基本状态参数、热力学基本定律在制冷技术中的应用和实现制冷的不同原理。第二章除叙述了常用制冷剂、冷冻油和载冷剂的性能外,还介绍了新型制冷剂的性能和应用。第三章重点阐述了开启式、半封闭式和全封闭式压缩机的构造、工作原理和主要技术参数。第四章和第五章主要汇编了制冷循环系统和自动控制系统中的主要设备、辅助设备、元器件的结构、工作原理和主要性能参数。第六章汇编了在安装和维修制冷空调设备中用到的工具、器材和设备。第七章叙述

了维修基本工艺和操作方法,主要包括制冷系统的清洗和干燥,管道和部件的联接,压缩机的检修工艺,制冷系统的检漏、抽真空,加注制冷剂和冷冻油,电气系统检修操作方法等。从第八章开始,分别叙述了常用制冷空调设备的基本结构、安装方法、主要性能参数,结合大量维修实例阐述了制冷空调设备可能产生的故障现象、原因分析和处理方法。

本手册各项数据的单位均采用中华人民共和国法定计量单位。若在使用中遇到其他单位制的单位,可参阅书后附录进行换算。书中所用插图按新的机械制图和电气制图标准绘制。但为了照顾人们的习惯,对某些国产和进口制冷空调设备的电气图仍按原图绘制。

本手册由张金城主编,杨书贞、孙志云参加编写。

在编写本手册的过程中,得到了西安交通大学钱鸿章教授和罗来勤高级工程师的大力帮助。第二炮兵指挥学院何利民教授给予了具体指导并认真审阅了全书初稿。一些制冷空调设备生产厂家、科研单位、学术团体提供了许多技术资料、产品样本和数据。一些制冷空调设备维修单位热情地向作者介绍了许多极为宝贵的实践经验。作者在此一并致以诚挚的谢意。

由于编者水平的限制,手册中还存在许多不足之处,恳请广大读者批评指教。

编 者

1995 年春

目 录

前言

第一章 制冷空调技术理论基础	1
第一节 工质的热力状态及基本状态参数	1
一、状态与状态参数	1
二、基本状态参数	1
三、热量和质量热容	4
第二节 热力学基本定律及其在制冷技术中的应用	6
一、热力学第一定律	6
二、热力学第二定律	6
三、热力学第三定律	7
第三节 蒸气压缩式制冷的热力学原理	7
一、蒸气压缩式制冷原理	7
二、蒸气压缩式制冷的理论循环	8
三、蒸气压缩式制冷理论循环的热力计算	11
四、蒸气压缩式制冷的实际循环	16
第四节 吸收式制冷机	18
一、吸收式制冷机工作原理	18
二、吸收式制冷机的工质及其性质	19
三、单效吸收式制冷机的热力循环	22
四、双效吸收式制冷机的热力循环	23
五、太阳能吸收式制冷机的制冷原理	24
第五节 半导体制冷原理及器具	26
一、半导体制冷原理	27
二、半导体制冷器具	29

第六节 湿空气的状态参数和焓湿图	29
一、湿空气的状态参数	30
二、湿空气的焓湿图 ($h-d$ 图)	35
三、 $h-d$ 图的应用	37
第七节 空气的热湿处理	40
一、空气热湿处理设备分类	40
二、空气的加湿处理	40
三、空气的减湿处理	42
第二章 制冷剂、冷冻油和载冷剂	47
第一节 制冷剂	47
一、对制冷剂的要求	47
二、制冷剂的分类与代号	48
三、常用制冷剂的性质	50
四、制冷剂的选择与使用	80
第二节 新型制冷剂	81
第三节 冷冻油	86
一、冷冻油的作用	86
二、对冷冻油特性的要求	86
三、冷冻油的选择	88
第四节 载冷剂	91
一、对载冷剂的要求	91
二、常用载冷剂	91
三、载冷剂的选用与配制	98
四、有机载冷剂	98
第三章 制冷压缩机	101
第一节 压缩机概述	101
一、制冷压缩机的分类	101
二、制冷压缩机的型号表示法	102
第二节 开启活塞式压缩机	103

一、开启式压缩机的总体结构	104
二、开启式压缩机的主要零部件结构	104
三、典型开启式压缩机介绍	128
四、活塞式压缩机的装配	130
五、活塞式压缩机的整机性能测试	137
第三节 半封闭式制冷压缩机	140
一、半封闭式制冷压缩机概述	140
二、常用半封闭式制冷压缩机	140
第四节 全封闭式压缩机	146
一、往复式活塞式压缩机	146
二、回转式压缩机	148
三、全封闭式制冷压缩机及配用电机的基本参数	151
第五节 离心式压缩机	166
一、离心式制冷压缩机概述	166
二、离心式制冷压缩机的工作原理	168
三、离心式制冷压缩机的基本构造及主要部件的作用	168
四、典型离心式压缩机介绍	171
五、国产离心式制冷压缩机的基本参数	174
第六节 螺杆式制冷压缩机	175
一、螺杆式制冷压缩机概述	175
二、螺杆式制冷压缩机的基本结构	176
三、螺杆式制冷压缩机的工作原理	181
四、螺杆式制冷压缩机的基本参数	182
第四章 制冷循环系统主要部件	185
第一节 冷凝器和蒸发器	185
一、冷凝器	185
二、蒸发器	196
第二节 节流装置	207
一、手动膨胀阀	208

二、浮球式膨胀阀	208
三、热力式膨胀阀	210
四、毛细管	220
第三节 辅助设备	225
一、贮液器	226
二、油分离器	227
三、集油器	230
四、气(氨)液分离器	231
五、不凝性气体分离器	233
六、过滤器和干燥过滤器	235
七、回热式热交换器	237
八、冷却塔	237
第五章 制冷空调设备自控元器件	240
第一节 自动控制阀	240
一、止回阀	240
二、蒸发压力调节阀	240
三、冷凝压力调节阀	244
四、电磁阀	245
五、电磁换向阀	248
第二节 继电器	253
一、压力继电器	253
二、压差继电器	260
三、温度继电器	264
四、起动继电器	271
五、热过载保护继电器	280
第六章 制冷空调设备安装维修用工具器材	286
第一节 安装维修用工具、仪表	286
一、通用工具	286
二、常用检测仪器、仪表	287

三、焊接工具	288
四、专用工具	291
五、常用工具的构造与使用方法	292
六、常用仪器仪表的构造及使用方法	298
第二节 制冷空调设备安装维修用器材	308
一、管材类	308
二、焊材类	313
三、配件类	313
第七章 制冷空调设备维修基本工艺及方法	318
第一节 清洗和干燥	318
一、清洗	318
二、干燥	324
第二节 制冷系统管路、部件的联接	328
一、焊接联接方法	328
二、螺纹接头联接方法	339
三、胶粘剂的联接与补漏方法	339
第三节 压缩机的检修工艺	341
一、全封闭压缩机的检修	341
二、开启式压缩机的检修	349
第四节 系统吹污与气密性试验	369
一、系统吹污	369
二、气密性试验	370
三、检漏	371
第五节 制冷系统抽真空	373
一、抽真空的目的	373
二、开启式和半封闭式压缩机系统抽真空	374
三、全封闭式压缩机制冷系统抽真空	374
第六节 充灌制冷剂与添加冷冻油	376
一、全封闭式压缩机制冷系统充灌制冷剂的方法	376

二、开启式、半封闭式制冷压缩机制冷系统低压端加注 制冷剂的方法	378
三、充灌制冷剂时的注意事项	379
四、添加冷冻油	380
第七节 制冷系统中残留空气的排放	383
一、开启式压缩机制冷系统排放空气的方法	383
二、全封闭式压缩机制冷系统排放空气的方法	384
第八节 制冷空调设备的电气系统维修	384
一、电气维修的基本工艺	384
二、电路故障分析与处理	391
三、电气元件维修	394
四、电动机维修	401
第八章 冷冻冷藏箱、冷藏陈列柜	407
第一节、常用冷藏箱和陈列柜的结构形式	407
一、结构形式及主要技术参数	407
二、制冷机组的种类	413
第二节 常见控制电路	417
一、单相 (220V、50Hz) 控制电路	417
二、三相控制电路	417
第三节 故障分析与维修处理方法	422
一、冷藏箱的故障分析与维修	422
二、陈列柜的故障分析与维修	424
第四节 典型维修实例	427
第九章 家用电冰箱	434
第一节 结构形式、技术参数及工作原理	435
一、常见电冰箱型号的表示方法	435
二、电冰箱的分类	435
三、电冰箱的基本参数	440
四、电冰箱的技术要求	442

五、电冰箱铭牌	442
六、电冰箱制冷系统的基本构造	443
第二节 常见典型控制电路	446
一、单门电冰箱控制电路	448
二、双门直冷式电冰箱控制电路	450
三、双门间冷式电冰箱电路	454
四、电子温控与化霜电路	459
第三节 检查电冰箱故障的方法与步骤	476
一、检查电冰箱故障的方法	476
二、现场检查电冰箱的步骤	477
第四节 制冷系统的故障分析、维修与典型维修实例	478
一、电冰箱冷藏室内温度偏高不停机	478
二、冷藏室内温度偏低	484
三、双门电冰箱冷冻室温度偏高	487
四、压缩机运转但不制冷	492
五、双门直冷式电冰箱部分不制冷	494
六、压缩机故障分析和检修	498
第五节 自动控制系统的故障分析、维修与典型维修实例	505
一、基本故障分析及处理方法	505
二、维修实例	506
第六节 电冰箱的特殊故障修理	509
第十章 空调器	514
第一节 空调器的类型及主要技术参数	514
一、常见空调器型号的表示方法	514
二、空调器的分类	517
三、空调器的基本参数	518
四、空调器的技术要求	521
第二节 空调器的结构形式	522
一、空调器的基本构造	522

二、整体式空调器的构造	522
三、分体式空调器的构造	526
第三节 常见空调器的控制电路	533
一、窗式空调器电路	534
二、分体式空调器电路	541
第四节 空调器的选择与计算	561
一、选择空调器的原则	561
二、空调器制冷量的确定方法	563
三、常见空调器的主要参数	566
四、挑选空调器时的注意事项	570
第五节 空调器的安装	571
一、空调器安装前的准备工作	571
二、窗式空调器的安装	572
三、分体式空调器的安装	573
第六节 空调器的故障分析、维修与典型维修实例	590
一、制冷系统故障的维修	591
二、电气控制系统故障的维修	596
三、电子线路控制系统故障的检修	601
四、空调器用电机的检修	608
五、分体式空调器的搬迁移位	612
附录	614
附录 A 常用单位与单位换算	614
附录 B 制冷空调设备上常见英文单词和缩写字母的中文 含义对照表	617
附录 C 常用制冷剂的 $\lg p-h$ 图	621
附录 D 湿空气的 $h-d$ 图	623
参考文献	624

第一章 制冷空调技术理论基础

第一节 工质的热力状态及基本状态参数

一、状态与状态参数

在热力工程中,实现热能与机械能的转换或热能的转移,都要借助于一种携带热能的工作物质,简称工质。各种气体、液体及其蒸气是工程上常用的工质。如蒸汽机以蒸汽作为工质,而制冷机通常则是以氨、氟里昂等作为工质。工质在热力状态发生变化的同时,与外界之间实现能量的输入或输出。在某瞬间工质表现在热力现象方面的总状况称为工质的热力状态,简称为状态。描述工质状态特性的各种物理量称为工质的状态参数。

热力学中常见的状态参数有:温度(T)、压力(p)、质量体积(v)或体积质量(ρ)、热力学能(u)、^①焓(H) 熵(S)等。其中温度、压力、质量体积或体积质量,可以直接或间接用仪表测量出来,称为基本状态参数,其余参数为导出状态参数。

二、基本状态参数

1. 温度

温度是物体内部分子运动平均动能的标志,或者说是表示物体冷热程度的量度。两个冷热不同的物体相互接触时,一个物体放热,另一个物体吸热,热量由热的物体转移至冷的物体,其结果是放热的物体变冷,吸热的物体变热。

表示温度的标度称为温标。通常使用的有热力学温标、摄氏温标和

^① 质量体积即为比容,体积质量即为密度,热力学能即为内能。

华氏温标。

热力学中规定物体的温度用热力学温度来衡量，在热力学计算中通常使用热力学温标，曾称绝对温标，其单位为开尔文 (K)，每 1K 表示为水的三相点热力学温度（即水的汽、液、固态三相平衡共存时的温度）的 $1/273.16$ 。

除了以开尔文表示热力学温度（符号为 T ）外，还可以用摄氏温度（符号 t_c ）来表示。其中

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

式中 t_c ——摄氏温标 ($^{\circ}\text{C}$)；

$$T_0 = 273.15\text{K}。$$

摄氏度是开尔文用于表示摄氏温度值的一个专门名称。

国际上有些欧美国家还采用华氏温度（符号为 t_F ）。华氏温标与热力学温标的关系为

$$t_F = \frac{9}{5} T - 459.67 \quad (1-2)$$

式中 t_F ——华氏温标 ($^{\circ}\text{F}$)。

2. 压力

在工程上把单位面积上所受的垂直作用力称为压力，在物理学上称为压强。用公式表示为

$$p = \frac{F}{S} \quad (1-3)$$

式中 p ——压力 (Pa)；

F ——垂直作用力 (N)；

S ——面积 (m^2)。

国际单位制 (SI) 规定压力单位为帕斯卡 (Pa)，简称帕，即

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

在工程计算中，由于帕 (Pa) 单位太小，经常用兆帕 (MPa)， $1\text{MPa} = 1 \times 10^6\text{Pa}$ 。

在物理学上常用标准大气压 (atm)[⊖] 为单位, 它是指纬度为 45℃ 的海平面上大气的常年平均压力, 其值为 $1\text{atm}=0.101\text{MPa}$ 。

在工程单位中, 压力单位需采用工程大气压 (at)[⊖]、毫米水柱 (mmH₂O)[⊖] 和毫米汞柱 (mmHg)[⊗] 等单位。其换算关系为

$$1\text{at}=1\text{kgf}/\text{cm}^2=0.0981\text{MPa}=735.56\text{mmHg}=10^4\text{mmH}_2\text{O}$$

工程上常用测压仪表测定系统中工质的压力。这些仪表的结构原理是建立在力的平衡原理上, 它指示的压力是气体的绝对压力与外界大气压力的差值, 称为相对压力或表压力。绝对压力与表压力之间的关系为

$$p_i = p_b + B \quad (1-4)$$

式中 p_i ——绝对压力 (MPa);

p_b ——表压力 (MPa);

B ——当地大气压力 (MPa)。

当被测量容器内压力低于大气压力时, 表压力为负压, 工程测试中称为真空度, 则

$$p_i = B - H \quad (1-5)$$

式中 H ——低于当地大气压力时的表压力 (MPa)。

3. 质量体积和体积质量

单位质量的工质 (或物质) 所占有的容积称为质量体积, 用符号 v 表示

$$v = \frac{V}{m} \quad (\text{m}^3/\text{kg}) \quad (1-6)$$

质量体积的倒数为工质的体积质量。即单位容积的工质所具有的质量, 称为工质的体积质量。用符号 ρ 表示

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (\text{kg}/\text{m}^3) \quad (1-7)$$

式中 v ——质量体积 (m^3/kg);

V ——容积 (m^3);

⊖、⊕、⊗、⊙ 为非法定计量单位。

m ——质量 (kg);

ρ ——体积质量 (kg/m^3)。

显然, 质量体积和体积质量互为倒数。即

$$v\rho = 1$$

由上式可知, 工质的质量体积和体积质量不是两个独立的状态参数。

三、热量和质量热容[⊖]

1. 热量

当温度不同的两个物体相互接触时, 高温物体会逐渐变冷, 低温物体会逐渐变热。显然有一部分能量由高温物体传给了低温物体, 这是人们在日常生活中经常会遇到的传热现象。表示物体吸热或放热多少的物理量称为热量。

热量的单位在工程单位制中通常用卡 (cal)[⊖] 或千 (大) 卡 (kcal) 表示。1kcal 表示使 1kg 纯水温度升高或降低 1℃ 所吸收或放出的热量。

在国际单位制 (SI) 中, 采用焦耳 (J)、千焦耳 (kJ) 作为热量单位。通常用瓦 (W) 或千瓦 (kW) 作为热流量单位。

工程单位制和国际单位制之间的换算关系为

$$1\text{kJ} = 1000\text{J};$$

$$1\text{kcal} = 4.1868\text{kJ};$$

$$1\text{kcal}/\text{h} = 1.163\text{J}/\text{s} = 1.163\text{W}.$$

2. 质量热容

任何物质当加进热量时, 它的温度会升高, 但相同质量的不同物质, 升高同样温度时, 所加进的热量是不一样的。把单位质量 (1kg 或 1g) 的物质温度升高或降低 1℃ 时所吸收或放出的热量, 叫做质量热容, 简称比热容, 常用符号 c 表示, 单位是 $\text{kJ}/\text{kg} \cdot \text{K}$ (或 $\text{kcal}/\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}$)。例如, 水的质量热容是 $4.19\text{kJ}/\text{kg} \cdot \text{K}$ (或 $1\text{kcal}/\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}$); 空气的质量热

⊖ 质量热容即为比热容, 曾称为比热。

⊖ 卡 (cal) 为非法定计量单位。