



中等职业教育国家规划教材
全国中等职业教育教材审定委员会审定

电冰箱、空调器原理与维修

(第2版修订本)

邹开耀 张 彪 主编

本书配有电子教学参考资料包

电子电器
应用与维修专业



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY
<http://www.phei.com.cn>

中等职业教育国家规划教材（电子电器应用与维修专业）

电冰箱、空调器原理与维修 (第2版修订本)

邹开耀 张 彪 主编
张自蕴 副主编

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书共6章,深入浅出地介绍了制冷和空调的热工知识;家用电冰箱和空调器的原理与维修。书中还结合教学的实际,编写了技能训练,以及部分电冰箱和空调器的技术参数,还附有制冷初级、中级、高级工考试实操答辩题。本书内容新颖,通俗易懂,言简意赅,图文并茂,实用性强。

本书可供中等职业学校电子电器应用与维修专业使用,也可供广大电冰箱和空调器爱好者、维修人员参考。

本书还配有电子教学参考资料包,内容包括电子教案、教学指南及习题答案,详见前言。

电冰箱、空调器原理与维修

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究。

(本行独创 & 美)

图书在版编目(CIP)数据

电冰箱、空调器原理与维修 / 邹开耀, 张彪主编. —2版(修订本). —北京: 电子工业出版社, 2008.7
中等职业教育国家规划教材

ISBN 978-7-121-06233-9

I. 电… II. ①邹…②张 III. ①冰箱—理论—专业学校—教材②冰箱—维修—专业学校—教材③空气调节器—理论—专业学校—教材④空气调节器—维修—专业学校—教材 IV. TM925

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 094051 号

策划编辑: 蔡 葵

责任编辑: 蔡 葵 特约编辑: 李印清

印 刷: 涿州市京南印刷厂

装 订: 涿州市桃园装订有限公司

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本: 787×1092 1/16 印张: 19 字数: 481.6 千字

印 次: 2008 年 7 月第 1 次印刷

定 价: 29.50 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系, 联系及邮购电话: (010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zlts@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线: (010) 88258888。

中等职业教育国家规划教材出版说明

为了贯彻《中共中央国务院关于深化教育改革全面推进素质教育的决定》精神，落实《面向 21 世纪教育振兴行动计划》中提出的职业教育课程改革和教材建设规划，根据《中等职业教育国家规划教材申报、立项及管理意见》（教职成[2001]1 号）的精神，教育部组织力量对实现中等职业教育培养目标和保证基本教学规格起保障作用的德育课程、文化基础课程、专业技术基础课程和 80 个重点建设专业主干课程的教材进行了规划和编写，从 2001 年秋季开学起，国家规划教材将陆续提供给各类中等职业学校选用。

国家规划教材是根据教育部最新颁发的德育课程、文化基础课程、专业技术基础课程和 80 个重点建设专业主干课程的教学大纲（课程教学基本要求）编写的，并且经全国中等职业教育教材审定委员会审定。新教材全面贯彻素质教育思想，从社会发展对高素质劳动者和中级专门人才需要的实际出发，注重对学生的创新精神和实践能力的培养。新教材在理论体系、组织结构和阐述方法等方面均进行了一些新的尝试。新教材实行一纲多本，努力为教材选用提供比较和选择，满足不同学制、不同专业和不同办学条件的教学需要。

希望各地、各部门积极推广和选用国家规划教材，并且在使用过程中，注意总结经验，及时提出修改意见和建议，使之不断完善和提高。

教育部职业教育与成人教育司
2001 年 10 月

前 言



随着我国经济的发展和人民生活水平的提高,电冰箱、空调器已成为城乡家庭和企事业单位的常用电器之一。随着科学技术的进步和进出口贸易的拓展,特别是伴随着我国加入WTO,电冰箱和空调器的发展越来越快,技术性能越来越先进,如何有效地提高维修水平是当前制冷行业急需解决的问题。同时,劳动和社会保障部2000年第6号令明确规定,各级各类职业学校的毕业生必须取得相应的职业资格证书,才能到技术岗位就业。于是我们在河南省教委教研室及电子工业出版社的组织下,对《电冰箱、空调器原理与维修》(第2版)进行了修订。

家用电器产品更新换代快,特别是电冰箱、空调器尤为突出,中等职业教育的目的是培养高素质劳动者和中级专业技术人才,应适应社会需要、市场需要。各种新技术、新工艺、新设备更是要求中等职业教育的教材跟上时代的步伐,以满足教学需要,因此在第2版的基础上对该教材进行改编是很有必要的。

原教材内容主要包括:制冷和空调的基础知识;电冰箱和空调器原理与维修;制冷系统的基本操作,电冰箱和空调器的新技术和新品种原理与维修;同时还有实作技能训练。

本教材在原教材的基础上,把握基本内容不变,“理论够用,突出技能”的原则,重新进行编排,因而有较强的针对性和实用性。作到了理论联系实际,便于记忆和考核。

本教材部分符号采用原书和原机符号,没有进行全书的统一,其目的是便于查阅,以利于提高检修效率。附录中提供的技术图表和资料,可能会由于技术的发展有所变动,仅供维修人员参考。第1、2章由齐景同修订,3、4章由张自蕴修订,5、6章由王宏涛修订,第7章和实训由任华魁修订。在第1章增加了热力系统,并对内容进行了排序,删去了温度计、潜热与显热的关系两个小节;修改了临界压力与临界温度的定义,把电冰箱的基本工作原理和空调器的基本工作原理调整到了电冰箱和空调部分;并加入了维修工具和设备的图片;缩减了电冰箱的新技术与新产品的内容。第3、4章,修改了电冰箱部分的常见故障的分析,删除了压缩机的重复内容,删除了新型空气净化技术和等离子体净化技术,还删除了老式的窗式空调器的安装和空调器常见故障的检修流程,及窗式空调器的安装技能训练,增加了制冷设备维修工的中级题库。

原教材在编写的过程中得到了重庆江南制冷公司及当地海尔、格力等维修站的大力支持和帮助,在此表示感谢。

由于时间仓促,错误在所难免,恳请广大师生、读者不吝赐教。

为了方便教师教学,本书还配有教学指南、电子教案及习题答案(电子版)。请有此需要的教师登录华信教育资源网(www.huaxin.edu.cn或www.hxedu.com.cn)免费注册后再进行下载,有问题时请在网站留言板留言或与电子工业出版社联系(E-mail:hxedu@phei.com.cn)。

编 者

2008年7月



目 录



第1章 制冷与空调技术的基础知识	(1)
1.1 制冷与空调热工知识	(1)
1.1.1 热力系统	(1)
1.1.2 温度	(1)
1.1.3 压力	(2)
1.1.4 湿度和露点	(3)
1.1.5 饱和温度与饱和压力	(4)
1.1.6 物态变化	(4)
1.1.7 过热度与过冷度	(6)
1.1.8 热量	(6)
1.1.9 焓与熵	(6)
1.1.10 功率和制冷量	(7)
1.1.11 能效比	(7)
1.2 制冷与空调基本原理	(7)
1.3 制冷剂与冷冻油	(9)
1.3.1 制冷剂	(9)
1.3.2 常用制冷剂	(11)
1.3.3 冷冻油	(12)
1.4 维修设备和工具	(13)
习题1	(16)
第2章 电冰箱	(17)
2.1 电冰箱概述	(17)
2.1.1 定义	(17)
2.1.2 分类	(17)
2.1.3 电冰箱的型号表示及含义	(22)
2.1.4 电冰箱的主要规格与技术参数	(22)
2.2 电冰箱箱体	(23)
2.2.1 外箱	(23)
2.2.2 箱体内胆	(24)
2.2.3 箱门	(25)
2.2.4 绝热材料	(26)
2.3 电冰箱的基本工作原理	(26)

2.4	制冷系统的类型、结构特点和工作原理	(27)
2.4.1	双门直冷式双温单控电冰箱制冷系统	(27)
2.4.2	双门直冷式双温双控制制冷系统	(28)
2.4.3	双门间冷式电冰箱制冷系统各部件连接	(29)
2.5	制冷系统零、部件	(29)
2.5.1	压缩机	(29)
2.5.2	换热器	(38)
2.5.3	蒸发器	(38)
2.5.4	冷凝器	(40)
2.5.5	干燥过滤器、毛细管	(43)
2.5.6	电磁阀、除霜管	(44)
2.6	制冷系统的工作原理	(44)
2.6.1	制冷系统中的制冷剂状态	(44)
2.6.2	制冷系统内制冷剂状态的变化	(45)
2.7	电冰箱电气控制原理	(47)
2.7.1	控制系统零、部件	(48)
2.7.2	直冷式家用电冰箱的控制电路	(59)
2.7.3	间冷式家用电冰箱的控制电路	(60)
2.7.4	冰箱控制原理分类	(62)
2.8	电冰箱的新技术与新品种	(65)
2.8.1	电冰箱现状与发展趋势	(65)
2.8.2	制冷系统技术特点	(67)
2.9	除臭技术	(68)
	习题 2	(71)
第 3 章	电冰箱故障检修	(72)
3.1	电冰箱常见故障及检修	(72)
3.1.1	电冰箱常见故障的检查方法	(72)
3.1.2	电冰箱常见故障的检查步骤	(75)
3.1.3	电冰箱常见的假性故障	(75)
3.1.4	电冰箱常见故障	(76)
3.1.5	电冰箱常见故障的检修流程	(78)
3.2	制冷系统故障检修	(82)
3.2.1	压缩机故障检修	(82)
3.2.2	冷凝器故障检修	(85)
3.2.3	蒸发器故障检修	(87)
3.2.4	毛细管故障检修	(90)
3.2.5	干燥过滤器故障检修	(92)
3.3	控制系统故障检修	(93)
3.3.1	电源电路故障检修	(93)

3.3.2	照明电路故障检修	(93)
3.3.3	压缩机电机故障检修	(94)
3.3.4	启动继电器故障检修	(94)
3.3.5	过载保护器故障检修	(95)
3.3.6	化霜控制器故障检修	(96)
3.3.7	温控器的故障检修	(97)
3.4	箱体故障检修	(107)
3.4.1	保温隔热层故障检修	(107)
3.4.2	电冰箱箱体故障检修	(108)
3.5	新型电冰箱故障维修实例	(109)
3.5.1	海尔电冰箱故障维修实例	(109)
3.5.2	科龙电冰箱故障维修实例	(112)
3.5.3	美菱电冰箱故障维修实例	(115)
3.5.4	伊莱克斯电冰箱故障维修实例	(116)
3.5.5	容声电冰箱故障维修实例	(117)
3.6	无氟电冰箱的检修	(118)
3.6.1	检修工具	(118)
3.6.2	检修材料的选用与处理	(119)
3.6.3	检修的要求	(119)
3.6.4	无氟电冰箱检修实例	(120)
习题 3		(124)
第 4 章	空调器	(125)
4.1	空调器概述	(125)
4.1.1	空调器的定义	(125)
4.1.2	空调器的分类	(125)
4.1.3	空调器的型号	(129)
4.1.4	空调器的开机运行	(130)
4.2	空调器的整体构造	(132)
4.3	制冷与空调基本原理	(135)
4.3.1	制冷工况	(135)
4.3.2	制热工况	(136)
4.3.3	除湿工况	(137)
4.3.4	窗式单冷空调器	(137)
4.3.5	窗式热泵 KCR 空调器	(139)
4.3.6	分体单冷空调的制冷系统	(141)
4.3.7	节流器件	(141)
4.3.8	辅助器件	(143)
4.4	空气循环系统	(147)
4.4.1	空气循环系统的组成	(147)

4.4.2	空气循环系统的工作原理	(148)
4.5	电气控制系统	(149)
4.5.1	电机	(149)
4.5.2	启动继电器与过载保护器	(151)
4.5.3	主控开关	(152)
4.5.4	化霜控制器	(153)
4.5.5	压力控制器	(154)
4.5.6	遥控器	(155)
4.6	控制系统	(156)
4.6.1	窗式空调器的控制电路	(156)
4.6.2	分体壁挂式空调器的控制电路	(157)
4.6.3	柜式空调器的控制电路	(159)
4.7	空调器的安装	(160)
4.7.1	对电源线和地线的要求	(160)
4.7.2	分体壁挂式空调器的安装	(161)
4.7.3	柜式空调器的安装	(162)
4.8	变频空调器	(163)
4.8.1	变频方式和控制原理	(163)
4.8.2	变频空调器的特有元器件	(166)
4.8.3	变频空调器的使用	(167)
4.8.4	变频空调器的发展	(168)
4.8.5	变频空调器电路分析	(170)
习题 4		(183)
第 5 章	空调器故障检修	(184)
5.1	空调器常见故障及检修方法	(184)
5.1.1	空调器常见故障的检查方法	(184)
5.1.2	空调器常见的假性故障	(185)
5.1.3	空调器的常见故障	(186)
5.2	窗式空调器故障检修	(190)
5.2.1	窗式空调器常见故障	(190)
5.2.2	窗式空调器故障分析速查	(191)
5.2.3	窗式空调器检修实例	(191)
5.3	分体壁挂式空调器故障检修	(194)
5.3.1	分体式空调器制冷系统故障维修	(194)
5.3.2	分体式空调常见故障检修实例	(197)
5.4	空调器的控制电路原理与维修实例	(199)
5.4.1	海尔小分体空调器的电脑控制电路检修	(199)
5.4.2	海尔 2 匹柜机控制电路检修	(202)
5.4.3	格力空调器控制电路检修	(209)

5.5 变频空调器的检修	(214)
5.5.1 变频空调器的检修方法	(214)
5.5.2 变频空调器常见故障分析	(215)
5.5.3 变频空调器检修实例	(217)
习题 5	(220)
第 6 章 制冷系统维修基本操作	(221)
6.1 焊接技术	(221)
6.1.1 钎焊焊条、焊剂的选用	(221)
6.1.2 氧气-乙炔气焊接	(222)
6.1.3 焊接工艺及焊接安全操作	(223)
6.2 管道加工技术	(225)
6.2.1 切管	(225)
6.2.2 管口的扩口	(226)
6.2.3 弯管	(227)
6.3 压缩机的性能判定	(228)
6.3.1 全封闭压缩机阻值的测量	(228)
6.3.2 全封闭压缩机的启动与吸、排气性能的判定	(232)
6.3.3 压缩机冷冻润滑油的充注	(233)
6.4 检漏技术	(234)
6.4.1 检漏的方法	(234)
6.4.2 制冷系统的高低压检漏和真空检漏	(236)
6.5 排堵技术	(237)
6.6 抽真空及充灌技术	(239)
6.6.1 制冷系统的抽真空	(239)
6.6.2 制冷剂的充注	(240)
6.6.3 封口	(244)
6.7 制冷系统的清洗	(244)
6.7.1 制冷系统的清洗过程	(244)
6.7.2 制冷系统的排油	(245)
6.8 制冷剂的收集	(246)
6.8.1 截止阀	(246)
6.8.2 制冷剂的收集过程	(246)
习题 6	(249)
实训	(251)
实训 1 氧焊技能训练	(251)
实训 2 管件加工技能训练	(252)
实训 3 制冷系统清洗技能训练	(255)
实训 4 抽真空技能训练	(256)
实训 5 充注制冷剂技能训练	(257)

实训 6 制冷系统检漏技能训练.....	(258)
实训 7 分体壁挂式空调器的安装技能训练.....	(260)
实训 8 柜式空调器的安装技能训练.....	(266)
实训 9 空调器的移装技能训练.....	(269)
附录 A 部分国产电冰箱技术参数.....	(271)
附录 B 部分空调器技术参数	(275)
附录 C 窗式空调器故障分析速查表.....	(283)
附录 D 制冷初级、中级、高级工考试实操答辩题.....	(285)
参考文献.....	(289)

第 1 章 制冷与空调技术的基础知识



制冷和空调是相互联系而又彼此独立的两个领域。为了使某一物体或某一区域的温度低于环境温度，并维持所需的低温，就需要不断地从其中取出热量，并转移到周围介质中去，这个过程就是制冷过程。而空调就是利用制冷技术对空气的温度、湿度等进行调节。要掌握电冰箱和空调器的原理与维修，就必须了解制冷与空调的基本原理，熟悉制冷与空调的热力学知识。

1.1 制冷与空调热工知识

1.1.1 热力系统

- (1) 系统。研究者指定的研究对象称为系统，如制冷系统。
- (2) 环境。与系统发生相互作用的周围所有称为环境；又称为外界。
- (3) 边界。系统和环境之间的分界面称为边界。
- (4) 闭口系统。与环境没有质量交换的系统称为闭口系统，又叫封闭系统。
- (5) 系统的热力状态。
 - ① 状态：某一时刻，系统中工质表现在热力现象方面的总状况。
 - ② 状态参数：描述系统状态的物理量称为状态参数。
 - ③ 基本状态参数：当系统与外界发生相互作用时，系统的状态将发生变化。系统状态的变化一般表现为系统中工质的压力、比容、温度、内能、焓和熵这些物理量的变化，并且这些物理量的变化与变化的过程无关。但基本状态参数有三个：温度、压力和比容。
- (6) 比容。
 - ① 密度：单位体积流体具有的质量，单位是 kg/L 。
 - ② 比容：密度的倒数；单位质量流体具有的体积，单位是 L/kg 。

1.1.2 温度

1. 温度

温度在宏观上是描述物体冷热程度的物理量；在微观上是标志物质内部大量分子热运动的激烈程度。

2. 温标

测量温度的标尺称为温标，工程上常用的温标又可以分为 3 种：热力学温标、摄氏温

标和华氏温标。

(1) 热力学温标。又称开尔文温标或绝对温标, 符号为 T , 单位为 K ; 热力学温标是在一个标准大气压下定义纯水的冰点温度为 $273.16K$, 沸点温度为 $373.16K$, 其间分为 100 等份, 每等份称为绝对温度 1 度 ($1K$)。

(2) 摄氏温标。又叫国际温标, 符号为 t , 单位为 $^{\circ}C$; 在一个标准大气压下, 把纯水的冰点温度定为 $0^{\circ}C$, 沸点温度定为 $100^{\circ}C$, 其间分成 100 等份, 每一等份就称为 $1^{\circ}C$ 。若温度低于 $0^{\circ}C$ 时, 应在温度数字前面加“-”号。

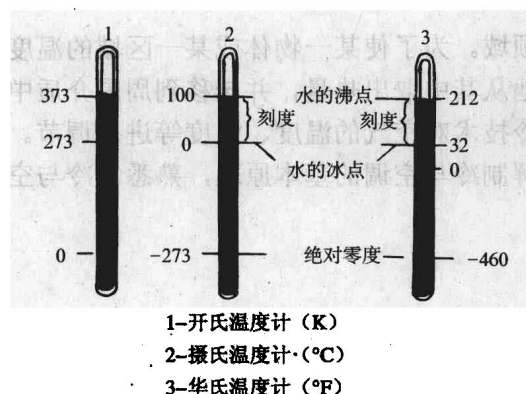


图 1-1 3 种温标的关系

(3) 华氏温标。其符号本书用 θ 表示, 单位为 $^{\circ}F$ 。华氏温标是在一个标准大气压下把纯水的冰点温度定为 $32^{\circ}F$, 沸点温度定为 $212^{\circ}F$, 其间分成 180 等份, 每一等份称为 $1^{\circ}F$ 。

(4) 3 种温标之间的关系如图 1-1 所示。

3 种温标的换算关系:

$$t = T - 273.16 \approx T - 273 (^{\circ}C)$$

$$\theta = (9/5)t + 32 (^{\circ}F)$$

$$T = t + 273.16 \approx t + 273 (K)$$

3. 干、湿球温度

(1) 干球温度。普通温度计测量出来的温度。如白天最高温度为 $28^{\circ}C$ 。

(2) 湿球温度。用湿纱布包住普通温度计的温包, 就组成一个湿球温度计; 所测出的温度就是湿球温度。

4. 临界温度

当气态物质的温度升高到某一特定数值后, 即使施加多么大的压力也不能由气态变成液态了, 这一特定温度称为该物质的临界温度。

1.1.3 压力

(1) 压力。垂直作用于物体表面的力称为压力。

(2) 压强。单位面积上受到的垂直作用力叫做压强。工程上说的压力即压强。法定单位是 Pa (帕)。除了法定单位外, 还有几种常见的非法定单位, 兆帕 (MPa)、标准大气压 (atm)、大气压 (at)、工业大气压 (bar) 和托 ($mmHg$)。大气压力 (at) 是指地球表面的空气对地面的压力; 在工程上为使用方便和计算方便, 把一个大气压按 $0.98 \times 10^5 Pa$ 来计算, 称为一个工程大气压 (bar), 即 1 个工业大气压为 $0.98 \times 10^5 Pa$ 。

$$1MPa=10at \quad 1at=1bar=1 \times 10^5 Pa \quad 1atm=1.013 \times 10^5 Pa \quad 1Pa=1N/m^2$$

压力有绝对压力、表压力和真空度之分。

(3) 绝对压力是指被测流体和器壁受到的实际压力; 它是以绝对真空为零起点的, 标准大气压为 $1atm$ 计算的压力; 用 P_{abs} 表示。

(4) 相对压力。压力表指示的示数叫做表压力, 它是以当地大气压 (B) 为零起点计算

的压力；高于当地大气压为正，低于此值为负，又称相对压力。用 $P_{\text{表}}$ 表示。它们之间的关系是：

$$P_{\text{绝}} = P_{\text{表}} + B, \quad P_{\text{真}} = B - P_{\text{表}}$$

(5) 真空。低于一个大气压的气态空间称为真空。表压力为负值。

(6) 真空度。表示真空程度的物理量称为真空度；是真空负压的绝对值。用 $P_{\text{真}}$ 表示。

(7) 临界压力。与临界温度相对应的最低压力。

1.1.4 湿度和露点

1. 空气

(1) 湿空气：含有水蒸气的空气称为湿空气。一般情况下空气就是湿空气，是由干空气和水蒸气组成的。

(2) 干空气：完全不含水蒸气的空气称为干空气。

(3) 饱和空气：在一定温度下，空气中所含水蒸气的量达到最大值，开始结露，这种空气就叫做饱和空气。空气中所含水蒸气的多少用湿度来表示。湿度常用绝对湿度、相对湿度、含湿量、露点来表示。

2. 绝对湿度与相对湿度

(1) 绝对湿度。单位体积空气中所含水蒸气的质量，叫做空气的绝对湿度，单位为 kg/m^3 。

(2) 相对湿度。相对湿度是指在某一温度时，空气中所含的水蒸气实际质量与同一温度下饱和空气中的水蒸气质量之百分比。

(3) 二者差别。绝对湿度只说明单位体积空气中含有多少水蒸气，不能说明有没有达到饱和，而相对湿度则说明了空气离达到饱和时相差的程度。

在实际中直接测空气所含水分质量较困难，由于空气中水分产生的压力在 100°C 以下时与空气中含水量成正比，从而可用空气中水蒸气产生的压力表示空气中的绝对湿度。饱和空气的绝对湿度与温度有关，温度高（低），饱和空气的绝对湿度大（小），显然，在空气中水蒸气含量不变的情况下，可降低温度以提高空气的相对湿度。

(4) 空气中的绝对湿度与相对湿度的关系是：

$$\text{相对湿度} = \frac{\text{绝对湿度 (以水蒸气分压表示)}}{\text{饱和水蒸气压力}} \times 100\%$$

相对湿度可用由两支完全相同的温度计组成干、湿球温度计来测量。其中一支温度计叫干球温度计，用来测量空气温度；另一支叫湿球温度计，其下端包着棉纱且浸在水中。由于水分的蒸发，湿球温度总是低于干球温度，如图 1-2 所示。

空气相对湿度越小，水越容易蒸发，干、湿球温差越大；反之，空气相对湿度越大，干、湿球温差就越小。不同温度下的饱和水蒸气压力如表 1-1 所示。

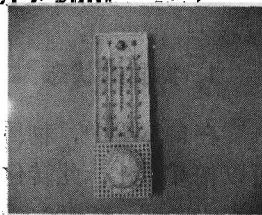


图 1-2 干、湿球温度测试

表 1-1 不同温度下的饱和水蒸气压力

t (°C)	P (Pa)	t (°C)	P (Pa)	t (°C)	P (Pa)	t (°C)	P (Pa)
0	604	7	1 001	18	2 064	40	7 375
1	657	8	1 073	20	2 339	50	12 332
2	705	9	1 148	22	2 644	60	19 918
3	759	10	1 228	24	2 984	70	31 157
4	813	12	1 403	25	3 168	80	47 343
5	872	14	1 599	30	4 242	100	101 325
6	935	16	1 817	35	5 624		

3. 含湿量与露点

(1) 含湿量。在实际应用中,一般不使用绝对湿度,而使用“含湿量”这一概念。在含有 1kg 干空气的湿空气中所含水蒸气的质量,叫做空气的含湿量,其单位是 g/kg。

(2) 露点。在含湿量不变的条件下,空气中水蒸气刚好达到饱和时的温度或湿空气开始结露时的温度叫露点。在空调技术中,常利用冷却方式使空气温度降到露点温度以下,以便水蒸气从空气中析出凝结成水,从而达到干燥空气的目的。空气的含湿量大,它的露点温度就高,物体表面也就容易结露。

1.1.5 饱和温度与饱和压力

液体沸腾时维持不变的温度称为沸点,在制冷设备封闭系统中常称为在某一压力下的饱和温度;而与饱和温度相对应的某一压力称为该温度下的饱和压力。

饱和温度和饱和压力都是随着相应的压力和温度的增大而升高,一定的饱和温度对应着一定的饱和压力。如在一个大气压(约 0.1MPa)下水的饱和温度为 100°C;水在 100°C 时的饱和压力为一个大气压,而在 0.048MPa 的绝对压力下,水的饱和温度为 80°C,即 80°C 时水的饱和压力为 0.048MPa。

饱和温度和饱和压力对制冷系统有重要的意义。在蒸发器中,制冷剂液体在(与蒸发器内压力相对应的)饱和温度下进行吸热、沸腾;而在冷凝器中,制冷剂蒸气的冷凝温度即是所处压力下的饱和温度。在整个凝结过程中,尽管蒸气还是不断受到冷却,但饱和温度始终维持不变(因冷凝器内压力不变)。

1.1.6 物态变化

1. 物质的状态

在自然界中,物质的状态通常是固态、液态和气态。在一定的条件下,这 3 种物态之间可以相互转化,此转化过程叫做相变。物态变化与热量转移如图 1-3 所示。物质从固态变成液态叫融解(熔解),融解过程要吸收热量;而物质从液态变成固态叫凝固,凝固过程会放出热量。物质从固态变成气态叫升华,升华过程要吸收热量;而从气态变成固态叫凝华,凝华过程会放出热量。

2. 汽化

(1) 汽化。物质的集态从液态变为气态叫汽化，汽化过程要吸收热量；汽化有蒸发和沸腾两种形式。

(2) 蒸发。蒸发是只在液体表面进行的汽化现象，它可以在任何温度和压强下进行。

(3) 沸腾。沸腾是在液体表面和内部同时进行的强烈汽化，沸腾时的温度叫沸点。在一定的压强下，某种液体只有一个沸点，压强增大沸点升高，压强减小沸点降低。在制冷设备中常用调节制冷剂的沸腾压强来控制制冷温度。在相同的压强下，不同的物质具有不同的沸点。如在标准大气压下，水的沸点是 100°C ；氟里昂 12 (R12) 的沸点是 -29.8°C ，在制冷行业中，习惯上把沸腾称为蒸发，同时把沸腾器、沸腾温度和沸腾压强分别叫做蒸发器、蒸发温度和蒸发压力。

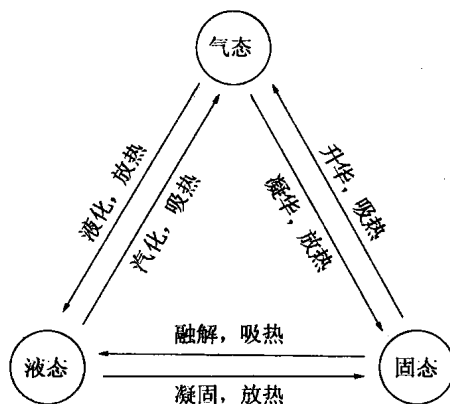


图 1-3 物态变化与热量转移

3. 液化

(1) 物质的集态从气态变成液态叫冷凝，又称为液化。冷凝过程会放出热量。

(2) 气体液化的条件是降低冷却温度和增大冷凝压力。有效的方法是提高压力。例如电冰箱制冷系统是通过压缩机和毛细管的共同作用来提高冷凝压力的。

气体液化的方法是将气体的温度降到临界温度以下，并且增大压力。每种物质都有自己特定的临界温度和临界压力。如果某种气态物质的温度超过它的临界温度，无论怎样增大压力，都不能使它液化。

如果蒸气跟产生这种蒸气的液体在闭口系统中处于动态平衡状态，这种蒸气叫做饱和蒸气。饱和蒸气的温度、压力分别叫饱和温度、饱和压力。一定的液体在一定温度下的饱和气压是一定的，但随着温度的升高（或降低），饱和气压及饱和蒸气的密度一般会随着增大（或降低）。在制冷装置中常利用制冷剂的饱和温度与饱和压力一一对应的特性，通过调节压力来调节温度。

4. 湿蒸气

(1) 湿蒸气。制冷剂在蒸发器和冷凝器中进行的气液集态转变过程中，饱和液体与饱和蒸气是同时存在的，饱和蒸气与饱和液体的混合物，称为湿蒸气。

(2) 干蒸气。完全不含饱和液体的饱和蒸气称为干蒸气。

(3) 干度。湿蒸气中饱和蒸气的含量，用湿蒸气的干度 X 表示。用 m_v 和 m_w 分别代表湿蒸气中所含饱和蒸气与饱和液体的质量，则湿蒸气的干度数：

$$X = m_v / (m_v + m_w)$$

$X=0$ 时，完全不含饱和蒸气，为纯饱和液体。

$X=1$ 时，完全不含饱和液体，为饱和气体。

制冷剂在蒸发器中的干度是由 $0 \sim 1$ 不断增加的。

1.1.7 过热度与过冷度

1. 过热蒸气及过热度

在某压力下, 蒸气的温度若高于该压力所对应的饱和温度(沸点)时, 这种蒸气称为过热蒸气, 超过的温度叫过热度。

例 1 1atm (标准大气压) 下, 水的饱和温度为 100°C , 130°C 的蒸汽为过热蒸汽, 过热度为 30°C 。

例 2 R22 制冷系统空调工况下, 制冷剂在蒸发器中沸腾气化温度为 5°C , 压缩机回气管中的温度为 15°C , 其蒸气为过热蒸气, 过热度为 $15^{\circ}\text{C}-5^{\circ}\text{C}=10^{\circ}\text{C}$ 。

2. 过冷液体及过冷度

某压力下, 液体的温度若低于该压力对应的饱和温度时, 这种液体称为过冷液体; 温度差值为过冷度。

1.1.8 热量

1. 热量

热量是能量变化的一种量度, 表示物体在吸热或放热过程中所转移的热能。热量的法定单位是 J (焦), 非法定单位有 cal (卡)。它们之间的换算关系是:

$$1\text{J}=0.2388\text{cal}, 1\text{cal}=4.1868\text{J}$$

热量有显热和潜热两种形式。

2. 显热

显热是指物质温度变化而状态不变所转移的热量, 如水的温度从 20°C 升至 80°C , 这时水吸收的热量为显热。

3. 潜热

潜热是指物质状态变化 (如熔解、液化等), 而温度不变所转移的热量。如将 100°C 的水变为 100°C 的水蒸气时, 需要吸收的热量。依据物态变化, 潜热可分为气化潜热、液化潜热、熔化潜热和凝固潜热等。

1.1.9 焓与熵

1. 焓

热能是物质分子所具有的动能与位能的总和, 而物质分子在各种状态下都在不停地运动, 可见物质总是含有一定的热量, 只是所处状态不同时, 所含热量不同而已。1kg 的物质在某一状态时, 所含的热量称为该物质的焓。符号为 H , 单位为 kJ/kg 。制冷工质在系统中流动时, 其内能和外功总是同时出现的, 焓可以转化成热力计算。

焓的物理意义是指以特定温度作为起点的物质所含的热量。例如, 通常把水在压力为