



中等职业学校电子信息类教材 实用电子技术专业

小型制冷、空调设备 原理与维修

罗世伟 主编
于 洋 主审



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

实用电子类、机电类、通信技术专业书目

- | | |
|-----------------------|--------------------|
| ①——电工原理（第3版） | ②④——电梯原理与维修（第二版） |
| ②——电工基础（提高版） | ②⑤——制冷与制冷设备技术 |
| ③——电工基础实验（提高版） | ②⑥——电力拖动（第二版） |
| ④——模拟电路（第二版修订本） | ②⑦——低压电气设备运行与维修 |
| ⑤——电子线路（第二版） | ②⑧——电工仪表与测量 |
| ⑥——脉冲数字电路（修订本） | ②⑨——实用电工手册 |
| ⑦——微型计算机应用基础（第二版） | ③⑩——电力内外线安装工艺 |
| ⑧——机械常识 | ③①——电子测量仪器（第二版） |
| ⑨——制图与钳工工艺基础（第二版） | ③②——电动机的结构与维修 |
| ⑩——现代电子技术专业英语 | ③③——维修电工技术（第二版） |
| ⑪——电子技术工艺基础（第二版） | ③④——企业供电 |
| ⑫——黑白电视机原理与检修（第二版修订本） | ③⑤——可编程控制器的原理及应用 |
| ⑬——彩色电视机原理与检修（第二版） | ③⑥——通信专业英语 |
| ⑭——组合音响原理与维修 | ③⑦——无线寻呼基础知识 |
| ⑮——收录机原理与维修（第二版） | ③⑧——无线寻呼话务员操作与技能训练 |
| ⑯——录像机原理与检修 | ③⑨——无线寻呼机原理与维修 |
| ⑰——影碟机原理与维修 | ④⑩——电话机原理与维修 |
| ⑱——VCD/DVD原理与维修 | ④①——手持移动电话原理与维护 |
| ⑲——家用电器原理与维修 | ④②——有线电视技术 |
| ⑳——家用照明器具设计、安装与检修 | ④③——计算机网络操作系统 |
| ㉑——饮水机和净水器的原理、使用与维修 | ④④——传真机原理与维修 |
| ㉒——微型处理器在家用电器中的应用 | ④⑤——摄录像机原理与维修 |
| ㉓——电动电热器具原理与维修 | ④⑥——小型制冷、空调设备原理与维修 |

ISBN 7-5053-8199-7



9 787505 381995 >



责任编辑：徐晓光
封面美编：闫欢玲



本书贴有激光防伪标志，凡没有防伪标志者，属盗版图书。

ISBN 7-5053-8199-7/TN·1707 定价：20.00 元

中等职业学校电子信息类教材（实用电子技术专业）

小型制冷、空调设备原理与维修

罗世伟 主编

于 洋 主审

· 2 ·

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 · BEIJING

内 容 简 介

本书内容主要包括制冷、空调基本原理;电冰箱、商用冷藏柜、冷饮机、冰棍机等小型制冷设备、房间空调器以及新近发展的户用中央空调系统的结构组成和工作原理。较为详细地分析小型制冷与空调设备制冷系统和电气控制系统的检测方法、维修技术,并介绍了房间空调器及户用中央空调系统的安装、调试方法。理论浅显易懂,内容详实,图文并茂,有较强的实用性和参考价值。

本书可作为中等职业学校及各级劳动和社会保障部的职业资格考核站的教材,也可作为制冷专业维修人员的参考资料。

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。

图书在版编目(CIP)数据

小型制冷、空调设备原理与维修/罗世伟主编. —北京:电子工业出版社, 2003.6

中等职业学校电子信息类教材(实用电子技术专业)

ISBN 7-5053-8199-7

I.小… II.罗… III.①制冷装置—专业学校—教材 ②空气调节器—专业学校—教材 IV.TB657

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 035467 号

责任编辑:徐晓光

印 刷:北京京科印刷有限公司

出版发行:电子工业出版社 <http://www.phei.com.cn>

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

经 销:各地新华书店

开 本:787×1092 1/16 印张:16.75 字数:428 千字 插页:1

印 次:2004 年 1 月第 2 次印刷

印 数:3000 册 定价:20.00 元

凡购买电子工业出版社的图书,如有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系。联系电话:(010)68279077。质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn,盗版侵权举报请发邮件至 dhqq@phei.com.cn。

前 言

在科学技术水平日新月异的今天，随着我国顺利进入 WTO，制冷空调设备使用的范围愈加广泛，其技术含量越来越高，随之出现了无氟环保、绿色健康、超级节能、户用中央空调等新概念机型，对广大制冷空调专业的维修人员提出了更高的要求。同时，随着制冷空调设备的普及，引发对安装维修人员的巨大需求，使各类职业学校相关专业的毕业生就业前景看好，而劳动和社会保障部 2002 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资格证书，才能持证上岗。为此，我们在电子工业出版社的组织下编写了《小型制冷、空调设备原理与维修》这本教材。

本书主要内容包括制冷、空调基本原理；电冰箱、商用冷藏柜、冷饮机、冰棍机等小型制冷设备，房间空调器以及新近发展的户用中央空调系统的结构组成和工作原理。较为详细地分析了小型制冷与空调设备制冷系统和电气控制系统的检测方法、维修技术，并介绍了房间空调器及户用中央空调系统的安装、调试方法。

本书部分符号采用原机符号，没有进行全书的统一，其目的是便于维修查阅，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，仅供参考。

本书由罗世伟编写第 1, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 10 章并统稿，余永洪编写第 6, 9 章。本书在编写的过程中得到了长江轮船总公司高级制冷工程师黄朝贤，重庆市邮电学院应用技术学院副院长、制冷专业高级考评员邹开跃的大力支持和帮助，并对全书的编写提出了宝贵的意见；还得到了重百维修中心、重庆商社家电维修中心及当地海尔、格力维修站的热忱帮助，在此一并表示感谢。本书还配有教学指南、电子教案及习题答案（电子版），请有此需要的教师与电子工业出版社联系，我们将免费提供。E-mail: ve@phei.com.cn

由于编者水平有限以及时间仓促，难免有不足之处，敬请广大读者提出宝贵意见。

编 者
2002 年 11 月

目 录

第 1 章 制冷、空调技术基础知识	(1)
1.1 制冷空调热力学基础知识	(1)
1.1.1 物态变化与热量转移	(1)
1.1.2 温度	(2)
1.1.3 压力	(2)
1.1.4 饱和温度与饱和压力及相互关系	(2)
1.1.5 临界温度与临界压力及相互关系	(4)
1.1.6 湿度与露点	(4)
1.1.7 过热度与过冷度	(5)
1.1.8 热量	(6)
1.1.9 制冷量与制热量	(6)
1.1.10 焓与熵	(6)
1.1.11 热力学第一定律、第二定律	(7)
1.2 空气调节	(7)
1.2.1 调节温度	(7)
1.2.2 调节湿度	(7)
1.2.3 调节空气洁净度	(8)
1.2.4 调节空气流速	(8)
1.3 制冷剂与冷冻润滑油	(8)
1.3.1 制冷剂的概述	(8)
1.3.2 制冷剂的性能和技术指标	(8)
1.3.3 常用制冷剂	(9)
1.3.4 新型制冷剂代替剂	(11)
1.3.5 冷冻油	(11)
习题 1	(12)
第 2 章 制冷原理	(13)
2.1 蒸气压缩式制冷	(13)
2.1.1 基本组成	(13)
2.1.2 工作原理	(13)
2.1.3 蒸气压缩制冷的理论循环	(14)
2.2 吸收式制冷	(15)
2.2.1 吸收式制冷的基本组成与工作原理	(15)
2.2.2 无泵吸收式制冷原理	(16)
2.3 半导体制冷原理	(18)
2.3.1 热电效应与珀尔帖效应	(18)

2.3.2	半导体制冷器件	(19)
2.3.3	半导体制冷的应用	(20)
习题 2		(20)
第 3 章	电冰箱的结构	(21)
3.1	电冰箱的类型、规格、型号及箱体结构	(21)
3.1.1	电冰箱的分类	(21)
3.1.2	电冰箱的型号表示及含义	(22)
3.1.3	电冰箱的主要规格与技术参数	(22)
3.1.4	箱体	(23)
3.2	电冰箱制冷系统部件	(24)
3.2.1	制冷压缩机	(24)
3.2.2	蒸发器、冷凝器	(34)
3.2.3	干燥过滤器与毛细管	(37)
3.2.4	电磁阀、除霜管	(37)
3.3	电冰箱制冷结构及系统工作原理	(38)
3.3.1	直冷式电冰箱制冷系统构造及工作原理	(38)
3.3.2	间冷式电冰箱的系统结构及工作原理	(40)
3.4	全封闭式压缩机的电机	(41)
3.4.1	压缩机电机的主要类型	(41)
3.4.2	压缩机电机的技术要求	(44)
3.5	启动与保护装置	(45)
3.5.1	产生过载电流的原因	(46)
3.5.2	过温升的原因	(46)
3.5.3	启动继电器和过电流过温升保护继电器结构及工作原理	(46)
3.6	电冰箱的典型电路	(51)
3.6.1	普通直冷式电冰箱控制电路	(51)
3.6.2	采用定温复位型温控器的直冷式双门双温电冰箱控制电路	(51)
3.6.3	无霜双门双温电冰箱的典型电路	(52)
3.6.4	间冷、直冷混合型双温控无霜电冰箱控制电路	(53)
3.7	电冰箱模糊控制技术原理分析	(63)
3.7.1	概述	(63)
3.7.2	模糊控制系统	(64)
3.7.3	温度模糊控制	(65)
3.7.4	除霜模糊控制	(66)
习题 3		(67)
第 4 章	小型商用制冷设备的结构与原理	(68)
4.1	冷藏箱(柜)的制冷系统	(68)
4.1.1	开启式机组	(68)
4.1.2	全封闭式机组	(69)
4.2	冷藏箱(柜)的控制电路	(71)

4.2.1	主要控制电器	(71)
4.2.2	典型控制电路	(80)
4.3	其他小型商用制冷机	(83)
4.3.1	小型冷饮机	(83)
4.3.2	小型冰淇淋机	(85)
4.3.3	冰棍机	(87)
习题 4		(89)
第 5 章	房间空调器	(90)
5.1	房间空调器类型、型号	(90)
5.1.1	房间空调器的类型	(90)
5.1.2	房间空调器的型号标记方法	(92)
5.1.3	房间空调器的主要性能参数	(92)
5.1.4	空调器安装负荷的概算指标	(93)
5.2	空调压缩机	(93)
5.2.1	空调压缩机类型	(93)
5.2.2	滚动转子压缩机	(94)
5.2.3	涡旋制冷压缩机	(98)
5.2.4	双涡旋制冷压缩机	(102)
5.3	冷凝器、蒸发器、辅助元件	(103)
5.3.1	强制对流式冷凝器	(103)
5.3.2	蒸发器	(105)
5.3.3	空调制冷系统辅助部件	(107)
5.4	节流元件	(110)
5.4.1	毛细管	(110)
5.4.2	热力膨胀阀	(111)
5.4.3	电子膨胀阀	(114)
5.5	空气循环系统	(117)
5.5.1	空气循环系统的组成	(117)
5.5.2	空气循环系统的工作原理	(118)
5.5.3	新型空气净化技术	(119)
5.6	电气控制系统	(120)
5.6.1	电机	(120)
5.6.2	风扇电机	(120)
5.6.3	其他装置的电机	(120)
5.6.4	温控器	(120)
5.6.5	化霜控制器	(121)
5.6.6	压力控制器	(123)
5.6.7	遥控器	(123)
5.7	窗式空调器的基本结构	(124)
5.8	热泵型空调器的特点	(126)

5.9 分体式空调器	(127)
5.9.1 基本结构	(127)
5.9.2 制冷循环	(129)
5.9.3 技术参数	(130)
5.10 变频式空调器	(131)
5.10.1 变频空调原理	(131)
5.10.2 变频空调特点	(132)
5.10.3 “海信” KFRP—35G/W 变频空调电路分析	(133)
习题 5	(136)
第 6 章 户用中央空调	(137)
6.1 户用中央空调的概念及特点	(137)
6.2 户用中央空调的类型及结构特点	(137)
6.3 户用中央空调电气控制系统原理	(141)
6.3.1 概述	(141)
6.3.2 控制原理	(142)
6.3.3 控制系统技术方式	(143)
6.3.4 控制对象	(145)
6.4 电气控制系统构成	(146)
6.4.1 控制部件	(146)
6.4.2 电器部件	(147)
6.5 传感器	(149)
习题 6	(150)
第 7 章 制冷系统检查维修技术	(151)
7.1 基本钳工操作技能	(151)
7.1.1 切管	(151)
7.1.2 管口的扩口加工	(152)
7.1.3 弯管	(154)
7.2 焊接技术	(155)
7.2.1 常用钎焊焊条及焊剂的选用	(155)
7.2.2 焊接火焰的调节与氧气—乙炔气的使用方法	(156)
7.2.3 焊接方法及安全注意事项	(158)
7.3 压缩机性能判定方法	(159)
7.3.1 压缩机阻值的测量	(159)
7.3.2 全封闭压缩机启动与压缩机吸、排气性能的判定	(164)
7.3.3 开启式压缩机的检修	(167)
7.4 检漏技术	(168)
7.4.1 检漏的方法	(168)
7.4.2 制冷系统的高、低压检漏和真空检漏	(169)
7.5 排堵技术	(171)
7.6 抽真空及充灌技术	(173)

7.6.1	制冷系统的抽真空	(173)
7.6.2	制冷剂的充注	(174)
7.6.3	封口	(177)
7.7	开启式机组的维修技术	(178)
7.7.1	制冷系统的检漏	(178)
7.7.2	制冷系统抽真空	(179)
7.7.3	充灌制冷剂	(180)
7.7.4	根据膨胀阀表面出现的现象判断膨胀阀故障	(181)
7.7.5	冰塞与脏堵故障的判别及处理方法	(181)
7.7.6	热力膨胀阀的修复	(182)
7.7.7	排除制冷系统中的空气	(182)
7.7.8	制冷剂的回收	(182)
7.8	无氟环保电冰箱的检修技术	(184)
7.8.1	用 R600a 做制冷剂的绿色电冰箱检修操作工艺	(184)
7.8.2	用 R134a 做制冷剂的绿色电冰箱检修操作工艺	(185)
习题 7		(186)
第 8 章	电气系统检修	(187)
8.1	电器元件的检测方法	(187)
8.1.1	电容器的检测方法	(187)
8.1.2	继电器的检测方法	(187)
8.1.3	毛细管温控器的检测方法	(189)
8.2	电路的分析和检修	(189)
8.2.1	空调器电路图	(191)
习题 8		(192)
第 9 章	空调器安装技术	(193)
9.1	空调器的安装	(193)
9.1.1	钢窗式空调器的安装	(193)
9.1.2	一般窗式空调器的安装	(193)
9.1.3	窗式空调器的安装高度	(194)
9.2	分体空调的安装	(195)
9.2.1	概述	(195)
9.2.2	安装	(195)
9.3	风管型户用中央空调的安装及调试	(198)
9.3.1	风管型户用中央空调的安装	(198)
9.3.2	风管型户用中央空调的安装实例	(201)
9.3.3	风管型户用中央空调的调试	(206)
9.4	制冷剂变流量系统户用中央空调安装与调试	(208)
9.4.1	作业顺序	(208)
9.4.2	制冷剂铜管的配管	(208)
9.4.3	制冷剂配管的管材选择	(208)

9.4.4	制冷剂配管的维护	(209)
9.4.5	制冷剂配管允许长度及高度差	(209)
9.4.6	制冷剂配管管径尺寸的选定及分支组件的选定	(209)
9.4.7	制冷剂配管的连接	(210)
9.4.8	制冷剂配管的焊接和扩口连接	(211)
9.4.9	制冷剂配管的冲洗	(213)
9.4.10	气密试验	(214)
9.5	排水管工程	(216)
9.5.1	排水管的基本要求	(216)
9.5.2	采用提升泵的情况	(217)
9.5.3	多台室内机冷凝水集中排放	(217)
9.5.4	注意事项	(218)
9.6	制冷剂铜管的保温	(218)
9.7	电气系统安装工程	(218)
9.7.1	电源线的配线原则	(219)
9.7.2	信号传送线的配线原则	(220)
习题 9		(221)
第 10 章	小型制冷空调设备常见故障的维修	(222)
10.1	电冰箱常见故障的类型	(222)
10.1.1	电气控制系统类故障	(222)
10.1.2	制冷系统类故障	(223)
10.2	制冷系统故障检修	(223)
10.2.1	压缩机故障检修	(223)
10.2.2	冷凝器故障检修	(224)
10.2.3	蒸发器故障检修	(225)
10.2.4	毛细管故障检修	(226)
10.2.5	干燥过滤器故障检修	(226)
10.3	控制系统故障检修	(226)
10.3.1	电源电路故障检修	(227)
10.3.2	照明电路故障检修	(227)
10.4	冷藏箱冷藏陈列柜的检查判断及维修技术	(227)
10.5	户用中央空调的维修	(231)
10.5.1	故障分析的总体原则	(231)
10.5.2	制冷系统故障现象分析	(232)
10.5.3	全封闭式压缩机的故障分析	(235)
10.5.4	电气系统的故障分析	(236)
10.5.5	通风系统的故障分析	(239)
10.5.6	空调机组故障的综合分析与排除	(240)
10.5.7	制冷系统的清洗方法	(244)
10.5.8	清洗设备与清洗方法	(245)

10.5.9 灌冷冻油	(246)
习题 10	(246)
附录	(248)
参考文献	(255)

第 1 章 制冷、空调技术基础知识

1.1 制冷空调热力学基础知识

1.1.1 物态变化与热量转移

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，这三种物态之间可以相互转化，这个转化过程叫相变。物态变化与热量转移如图 1.1 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。物质从液态变成气态叫汽化，汽化过程要吸收热量；而物质从气态变成液态叫液化，液化过程会放出热量。

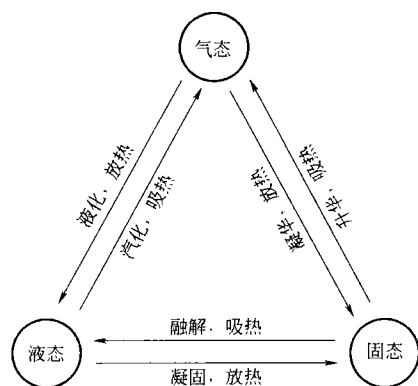


图 1.1 物态变化与热量转移

2. 汽化

汽化有蒸发和沸腾两种形式。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。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，某种液体只有一个与压强相对应的确定沸点，压强增大沸点升高，压强减小沸点降低。因此，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。

3. 液化

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处于平衡状态，这种蒸气叫做饱和蒸气。饱和蒸气的温度、压力分别叫做饱和温度、饱和压力。一定的液体在一定的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之增大(或降低)。而在空气含湿量不变的情况下，将空气的温度降到露点，未饱和蒸气也就变成饱和蒸气。因此，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。

1.1.2 温度

温度是用来表示物体冷热程度的参数，从分子论的观点看，温度反映了物质分子热运动的剧烈程度。更确切地说，温度反映了物质分子平均速度的大小。

我国法定计量单位规定，温度分为摄氏温度和热力学温度。现分别介绍如下：

(1) 摄氏温度($^{\circ}\text{C}$)。在 98kPa 大气压力下，以水的冰点作为 0°C ，沸点为 100°C ，其间分为 100 等份，每一等份即为 1°C 。

(2) 热力学温度(K)。在 98kPa 大气压力下，水的冰点为 273K，其间也分为 100 等份，每一等份为 1K。当达到 0K(即 -273°C)时，物质的分子运动即停止，所以此温度又称为绝对零度。

热力学温度 T 与摄氏温度 t 之间的换算关系是：

$$T = t + 273.15$$

1.1.3 压力

工程上常把单位面积上受到的垂直作用力叫做压力，压力的法定单位是 Pa(帕)。大气压指地球表面的空气对地面的压力；在工程上为使用和计算方便，把一个大气压按 $0.98 \times 10^5 \text{Pa}$ 来计算，称为一个工程大气压，即 1 个工程大气压为 $0.98 \times 10^5 \text{Pa}$ 。除了法定单位外，还有几种常见的非法定单位，此处不加阐述。

压力有绝对压力、表压力和真空度之分。绝对压力是指被测物体的实际压力，用 $P_{\text{绝}}$ 表示；当绝对压力高于大气压力（用 B 表示）时，压力计的示数叫做表压力，用 $P_{\text{表}}$ 表示；而系统抽真空时压力计的示数叫真空度，用 $P_{\text{真}}$ 表示，它们之间的关系是：

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

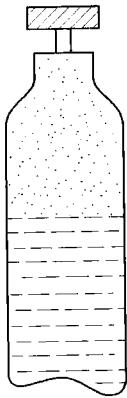


图 1.2 密闭容器内液体吸热而蒸发的现象

1.1.4 饱和温度与饱和压力及相互关系

如图 1.2 所示，不同的液体在相同的温度下，其饱和压力是不相同的。图 1.3 给出了几种制冷剂饱和温度和饱和压力曲线；表 1.1 为几种制冷剂的饱和温度与饱和压力的对应值。而同一液体在不同的密闭容器中，其内部的液体因吸收外界的热量而使得有部分液体蒸发为蒸气；与此同时，也有一部分蒸气分子因部分能量而回到液体表面。当达到一定温度，飞离和返回液体的分子数相等时的蒸气即为饱和蒸气，此时的温度称为饱和温度，即在某压力下液体沸腾时维持不变的温度称为饱和温度(制冷技术中习惯称为蒸发温度)。而与饱和温度相对应的绝对压力称为该温度下的饱和压力(制冷技术中习惯称为蒸发压力)。一般温度下的饱和压力也是不同的，温度越高，饱和压力也越高。

表 1.1 几种制冷剂的饱和温度与饱和压力对应值

饱和温度 $t (^{\circ}\text{C})$	饱和压力 (MPa)				
	NH_3	R12	R22	R502	氯甲烷
-70	0.0109	0.0123	0.0204	0.0264	0.0155
-60	0.0219	0.0227	0.0321	0.0489	

续表

饱和温度 t (°C)	饱和压力 (MPa)				
	NH ₃	R12	R22	R502	氯甲烷
-50	0.0408	0.0392	0.0647	0.0821	0.0280
-40	0.0717	0.0642	0.1056	0.1308	0.0474
-30	0.1195	0.1005	0.1646	0.1994	0.0768
-25	0.1516	0.1238	0.2020	0.2425	0.0951
-20	0.1903	0.1510	0.2462	0.2923	0.1188
-15	0.2364	0.1827	0.2972	0.3495	0.1458
-10	0.2909	0.2191	0.3561	0.4147	0.1773
-5	0.3550	0.2609	0.4237	0.4887	0.2138
0	0.4295	0.3087	0.5003	0.5721	0.2559
5	0.5159	0.3625	0.5876	0.6655	0.3040
10	0.6151	0.4232	0.6857	0.7697	0.3585
15	0.7285	0.4912	0.7955	0.8856	0.4202
20	0.8574	0.5669	0.9172	1.0133	0.4898
25	1.0030	0.6509	1.0535	1.1546	0.5673
30	1.1668	0.7436	1.2027	1.3086	0.6531
35	1.3503	0.8462	1.3684	1.4783	0.7480
40	1.5548	0.9585	1.5489	1.6637	0.8524
45	1.7819	1.0813	1.7471	1.8658	0.9673
50	2.0333	1.2150	1.9649	2.0846	1.0928

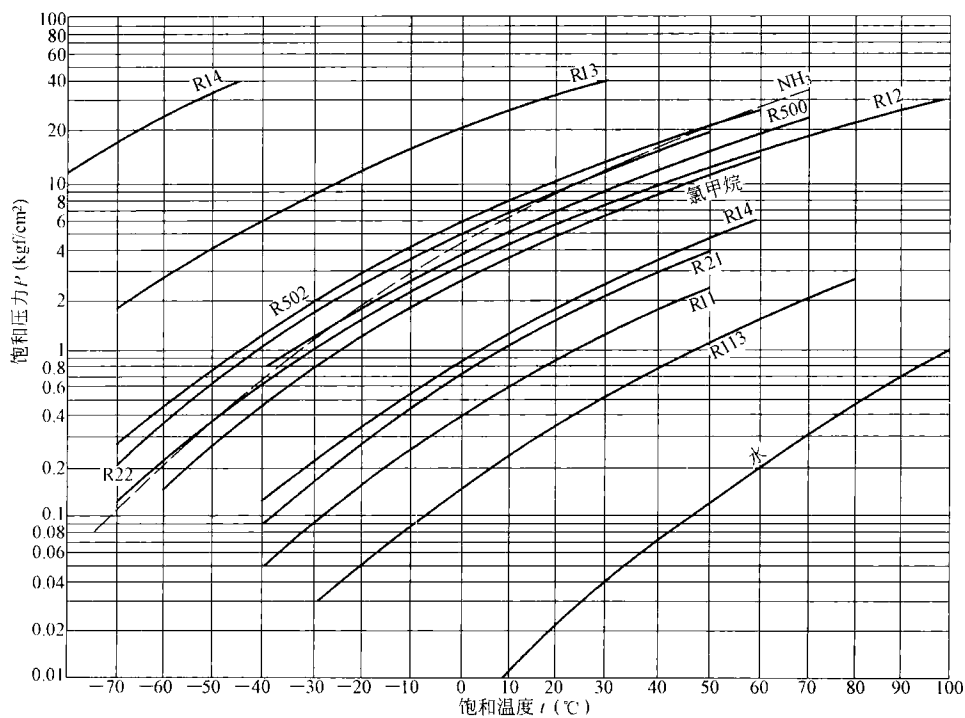


图 1.3 几种制冷剂饱和温度和饱和压力曲线

1.1.5 临界温度与临界压力及相互关系

当饱和气体的温度不变，压力升高时，比容值减小，随着压力的不断升高，气态的比容值逐渐接近液态的比容；当压力增加到一定值时，气态和液态之间就没有明显的区别了，这种状态叫做临界状态。此时所对应的压力和温度分别叫做首轮压力、临界温度。在临界温度以上的气态，无论加多大的压力都不能使它液化。因此，对于制冷剂来说，为了使制冷剂在常温下能够液化，其临界温度应较高一些。

1.1.6 湿度与露点

空气是由空气和水蒸气两部分组成的。在一定温度下，空气中所含水蒸气的量达到最大值时，这种空气就叫做饱和空气。当空气未达到饱和时，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。

1. 绝对湿度与相对湿度

单位体积空气中含水蒸气的质量，叫做空气的绝对湿度，单位为 kg/m^3 。而相对湿度是指在某一温度时，空气中所含水蒸气质量与同一温度下空气中的饱和水蒸气质量的百分比。在实际中直接测空气中所含水蒸气质量较困难，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，温度越高(低)，饱和空气的绝对湿度越大(小)。因此，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。空气中的绝对湿度与相对湿度的关系是：

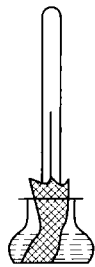


图 1.4 湿球温度测试

相对湿度=绝对湿度(以水蒸气分压表示)/饱和水蒸气压力

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 1.4 所示。

空气相对湿度越小，水越容易蒸发，干、湿球温度差越大；反之，空气相对湿度越大，干、湿球温度就越小。不同温度下的饱和水蒸气压力如表 1.2 所示。

表 1.2 不同温度下的饱和水蒸气压力

$t/^\circ\text{C}$	P/Pa	$t/^\circ\text{C}$	P/Pa	$t/^\circ\text{C}$	P/Pa	$t/^\circ\text{C}$	P/Pa
0	604	7	1001	18	2064	40	7375
1	657	8	1073	20	2339	50	12332
2	705	9	1148	22	2644	60	19918
3	759	10	1228	24	2984	70	31157
4	813	12	1403	25	3168	80	47343
5	872	14	1599	30	4242	100	101325
6	935	16	1817	35	5624		

2. 含湿量与露点

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。 1kg 干空气所含水蒸气的质量，叫做空气的含湿量，其单位是 g/kg 。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。空气的含湿量越大，它的露点温度就越高，物体表面也就越容易结露。

1.1.7 过热度与过冷度

在介绍过冷与过热的概念之前，先以水蒸气的形成过程为例解释几个概念。图 1.5 所示的开口容器中装有 25°C 的水，水面上有一个能上下自由移动，却又起密封作用的活塞，活塞的重量略去不计，即水面有一个大气压的作用。若将水加热到饱和温度 100°C 时，这时称为饱和水。 25°C 的水显然比 100°C 的饱和温度低，这种比饱和温度低的水称为过冷水。饱和温度与过冷温度之差为过冷度。其中过冷水的过冷度为 $100^\circ\text{C} - 25^\circ\text{C} = 75^\circ\text{C}$ 。若将饱和水继续加热，水温将保持 100°C 不变，而水不断汽化为水蒸气。这时容器中是饱和水和饱和蒸汽的混合物，称为湿蒸汽。再继续加热时，水全部汽化为蒸汽而温度保持 100°C 不变，此时的蒸汽称为干蒸汽。若再继续加热，干蒸汽继续加热升温，温度超过饱和温度 100°C ，此时的蒸汽称为过热蒸汽。过热蒸汽的温度与饱和温度之差称为过热度。图中过热蒸汽的过热度为 10°C 。要注意的是在整个加热过程中，容器内的压力始终保持在一个大气压。

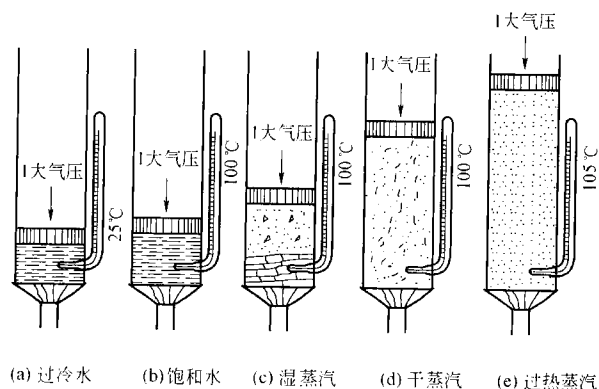


图 1.5 过冷与过热过程

在湿蒸汽中，干蒸汽的重量百分数称为干度，用 x 表示。而 $(1-x)$ 则为湿蒸汽中液体的重量百分数，称为蒸汽的湿度，用 y 表示。例如某湿蒸汽的干度 $x=0.85$ ，则表示湿蒸汽中含有 0.85kg 的干蒸汽和 0.15kg 的液体。

1. 过热

在制冷技术中，过热是针对制冷剂蒸气而言的。当蒸气的压力一定，而温度高于该压力下相对应的饱和温度时就称为过热蒸气；同样当温度一定，而压力低于该温度下相对应的饱和压力时，也称为过热蒸气。例如 R12 制冷剂，蒸发温度为 -20°C 时，对应的饱和压力应为 0.15MPa 。如压力不变，而蒸气的温度高于 -20°C ，则为过热蒸气，若蒸气的温度为 -15°C ，则过热温度为 5°C ；如温度不变，而蒸气的压力低于 0.15MPa ，则也称为过热蒸气。电冰箱制冷系统中，压缩机的吸气管和排气管中流过的 R12 蒸气都属于过热蒸气。