



全国高等职业教育规划教材

制冷设备原理与维修

吴敏 赵钰 编著

- 以图助文，学得轻松；
- 注重技能，着眼就业；
- 维修经验，传授心得。



电子教案下载网址 www.cmpedu.com



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

全国高等职业教育规划教材

制冷设备原理与维修

吴敏 赵钰 编著

图书在版编目(CIP)数据

制冷设备原理与维修 / 吴敏, 赵钰编著. — 北京: 机械工业出版社, 2014.1

2014.1

全国高等职业教育规划教材

I. ①制... II. ①吴... ②赵...

①制冷设备原理与维修

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第111-0464-9号

机械工业出版社

地址: 北京市西城区百万庄大街24号

责任编辑: 刘怡欣

三河市宏图印务有限公司

2014年1月第1版

184mm×260mm·18

0001—3000册

ISBN 978-7-111-04641-9

定价: 39.90元



凡购书者, 均可获赠, 邮费在內, 恕不另收

电子邮箱

社址: 北京中心: (010) 88379106 网站: <http://www.cmpbook.com>

社址: 北京: (010) 88379106 网站: <http://www.cmpbook.com>

机械工业出版社

封面天蓝色, 封底天蓝色, 封套天蓝色

本书共分为7章, 主要内容包括制冷与空调技术基础知识、家用电冰箱的结构与原理、家用电冰箱的故障与维修、房间空调器的结构与原理、房间空调器的安装、房间空调器的故障与维修、制冷设备维修操作技术等。大部分章后附有实训和习题, 以供教学时选择使用。

本书可作为高职高专制冷与空调技术、家用电器类、应用电子技术专业的教材, 也可作为中等职业技术学校、职业中学的相关课程教材, 还可作为制冷设备维修工、家用电器产品维修工考级培训的参考书。

本书配套授课电子教案, 需要的教师可登录 www.cmpedu.com 免费注册、审核通过后下载, 或联系编辑索取 (QQ: 1239258369, 电话: 010 - 88379739)。

图书在版编目 (CIP) 数据

制冷设备原理与维修/吴敏, 赵钰编著. —北京: 机械工业出版社, 2014. 1

全国高等职业教育规划教材
ISBN 978 - 7 - 111 - 44464 - 0

I. ①制… II. ①吴…②赵… III. ①制冷装置—维修—高等职业教育—教材 IV. ①TB657

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 247330 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑: 王颖 版式设计: 霍永明

责任校对: 刘怡丹 责任印制: 李洋

三河市国英印务有限公司印刷

2014 年 1 月第 1 版第 1 次印刷

184mm × 260mm · 18.5 印张 · 457 千字

0001—3000 册

标准书号: ISBN 978 - 7 - 111 - 44464 - 0

定价: 39.90 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换
电话服务 网络服务

社服务中心: (010)88361066 教材网: <http://www.cmpedu.com>

销售一部: (010)68326294 机工官网: <http://www.cmpbook.com>

销售二部: (010)88379649 机工官博: <http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线: (010)88379203 封面防伪标均为盗版

全国高等职业教育规划教材

电子类专业编委会成员名单

主任 曹建林

副主任 张中洲 张福强 董维佳 俞宁 杨元挺 任德齐
华永平 吴元凯 蒋蒙安 祖炬 梁永生

委员 (按姓氏笔画排序)

于宝明	尹立贤	王用伦	王树忠	王新新	任艳君
刘松	刘勇	华天京	吉雪峰	孙学耕	孙津平
孙萍	朱咏梅	朱晓红	齐虹	张静之	李菊芳
杨打生	杨国华	汪赵强	陈子聪	陈必群	陈晓文
季顺宁	罗厚军	胡克满	姚建永	钮文良	聂开俊
夏西泉	袁启昌	郭勇	郭兵	郭雄艺	高健
曹毅	章大钧	黄永定	曾晓宏	谭克清	戴红霞

秘书长 胡毓坚

副秘书长 蔡建军

根据《教育部关于以就业为导向深化高等职业教育改革的若干意见》中提出的高等职业院校必须把培养学生动手能力、实践能力和可持续发展能力放在突出的地位,促进学生技能的培养,以及教材内容要紧密结合生产实际,并注意及时跟踪先进技术的发展等指导精神,机械工业出版社组织全国近60所高等职业院校的骨干教师对在2001年出版的“面向21世纪高职高专系列教材”进行了全面的修订和增补,并更名为“全国高等职业教育规划教材”。

本系列教材是由高职高专计算机专业、电子技术专业和机电专业教材编委会分别会同各高职高专院校的一线骨干教师,针对相关专业的课程设置,融合教学中的实践经验,同时吸收高等职业教育改革的成果而编写完成的,具有“定位准确、注重能力、内容创新、结构合理和叙述通俗”的编写特色。在几年的教学实践中,本系列教材获得了较高的评价,并有多品种被评为普通高等教育“十一五”国家级规划教材。在修订和增补过程中,除了保持原有特色外,针对课程的不同性质采取了不同的优化措施。其中,核心基础课的教材在保持扎实的理论基础的同时,增加实训和习题;实践性较强的课程强调理论与实训紧密结合;涉及实用技术的课程则在教材中引入了最新的知识、技术、工艺和方法。同时,根据实际教学的需要对部分课程进行了整合。

归纳起来,本系列教材具有以下特点:

- 1) 围绕培养学生的职业技能这条主线来设计教材的结构、内容和形式。
- 2) 合理安排基础知识和实践知识的比例。基础知识以“必需、够用”为度,强调专业技术应用能力的训练,适当增加实训环节。
- 3) 符合高职学生的学习特点和认知规律。对基本理论和方法的论述要容易理解、清晰简洁,多用图表来表达信息;增加相关技术在生产中的应用实例,引导学生主动学习。
- 4) 教材内容紧随技术和经济的发展而更新,及时将新知识、新技术、新工艺和新案例等引入教材。同时注重吸收最新的教学理念,并积极支持新专业的教材建设。
- 5) 注重立体化教材建设。通过主教材、电子教案、配套素材光盘、实训指导和习题及解答等教学资源的有机结合,提高教学服务水平,为高素质技能型人才的培养创造良好的条件。

由于我国高等职业教育改革和发展的速度很快,加之我们的水平和经验有限,因此在教材的编写和出版过程中难免出现问题和错误。我们恳请使用这套教材的师生及时向我们反馈质量信息,以利于我们今后不断提高教材的出版质量,为广大师生提供更多、更适用的教材。

机械工业出版社

前 言

本书结合我国制冷与空调行业的发展和高职高专教育的实际情况,力求反映本行业的新技术、新设备和新工艺,体现高职高专教育的特点,在基本理论的叙述上力求通俗易懂、深入浅出、说理清楚、突出应用,同时编写了较多的维修实例并总结了许多实际维修经验,还编写了21个维修技能实训,供教学实践时选择使用。

本书详细介绍了家用电冰箱和房间空调器的结构与原理、故障与维修等基本知识,主要内容包括制冷与空调技术基础知识、家用电冰箱的结构与原理、家用电冰箱的故障与维修、房间空调器的结构与原理、房间空调器的安装、房间空调器的故障与维修、制冷设备维修操作技术等。

本书力求简明扼要、通俗易懂、直观形象、内容新颖和突出应用,大部分章后附有实训和习题,书中有一定的选用内容,可满足不同层次的读者需要。

本书建议教学内容为102学时,课时分配见下表。

章 节	学时数	章 节	学时数
第1章	8	第5章	6
第2章	20	第6章	16
第3章	18	第7章	18
第4章	16		

书中标有“※”的章节属于加宽或加深内容,供不同院校和专业选用。

本书由重庆工贸职业技术学院吴敏、赵钰编著,其中,吴敏负责全书的组织策划、修改补充、统稿和定稿工作,并编写第1~5章,赵钰负责全书的审核和校对工作并编写第6、7章。

本书在编写过程中参阅了大量文献,在此谨向这些原著者表示衷心的感谢!

由于制冷设备的不断发展,尤其是控制技术日新月异,加之编写时间仓促及编者水平有限,书中难免存在不妥和疏漏之处,敬请读者批评指正。

编 者

目 录

出版说明 本教材是根据《教育部颁布的《中等职业学校教学计划》中制冷与空调技术专业教学计划

前言 本课程是中等职业学校制冷与空调专业的一门专业基础课，也是从事制冷与空调工作的

第1章 制冷与空调技术基础知识 1

1.1 热力学基础知识 1

1.1.1 物质的3种状态 1

1.1.2 物质相变与热量转移 1

1.1.3 温度和温标 2

1.1.4 干、湿球温度 3

1.1.5 湿度与露点 3

1.1.6 过热度与过冷度 4

1.1.7 压力和真空度 5

1.1.8 饱和温度与饱和压力 6

1.1.9 热量、比热容、显热和潜热 6

1.1.10 制冷量与制热量 8

1.1.11 热力系统、工质与介质 8

1.1.12 热传递与热平衡 8

1.1.13 内能、焓与熵 10

1.1.14 热力学定律 11

1.2 制冷原理 12

1.2.1 制冷技术 12

1.2.2 蒸气压缩式制冷的基本工作原理 12

1.2.3 吸收式制冷的基本工作原理 13

1.2.4 半导体式制冷的基本工作原理 14

1.2.5 3种不同制冷原理的制冷设备比较 14

1.3 制冷剂与冷冻油 15

1.3.1 制冷剂 15

1.3.2 冷冻油 19

1.4 习题 23

第2章 家用电冰箱的结构与原理 24

2.1 电冰箱的类型 24

2.1.1 电冰箱的分类 24

2.1.2 电冰箱的规格及型号 27

2.1.3 电冰箱的主要技术指标 27

2.2 电冰箱的基本组成 28

2.2.1 箱体 29

2.2.2 制冷系统 29

2.2.3	电气控制系统	29
2.3	电冰箱的箱体结构	29
2.3.1	箱体的组成	29
2.3.2	箱体的结构形式	31
2.4	电冰箱的制冷系统	33
2.4.1	压缩式电冰箱制冷系统的工作原理	33
2.4.2	压缩式电冰箱制冷系统的部件	34
2.4.3	家用电冰箱制冷系统的几种结构形式	41
2.5	电冰箱的电气控制系统	44
2.5.1	电冰箱压缩机的电动机	44
2.5.2	起动继电器	47
2.5.3	热保护装置	50
2.5.4	温度控制器	54
2.5.5	化霜控制器	59
2.5.6	加热防冻与门口除露装置	63
2.5.7	箱内风扇电动机机组及照明灯	64
2.5.8	家用电冰箱的典型电路	64
※2.5.9	电冰箱模糊控制技术	74
2.6	实训	77
2.6.1	实训1——认识电冰箱的结构	77
2.6.2	实训2——全封闭式压缩机电动机绕组的判定	79
2.6.3	实训3——电冰箱电气件的拆装	80
2.6.4	实训4——电冰箱电气件的检测	81
2.7	习题	82
第3章 家用电冰箱的故障与维修		84
3.1	电冰箱故障的检查	84
3.1.1	对电冰箱正常工作状态的了解	84
3.1.2	常见假性故障	85
3.1.3	简单故障的分析与处理	87
3.1.4	检查电冰箱故障常用的方法	88
3.1.5	检查电冰箱故障一般的步骤	89
3.1.6	电冰箱检查维修中的注意事项	90
3.1.7	电冰箱两种典型故障的检修流程	90
3.2	电冰箱常见故障与维修	94
3.3	电冰箱制冷系统故障的维修	97
3.3.1	堵塞故障的维修	97
3.3.2	泄漏故障的维修	99
3.3.3	压缩机故障的检查及更换	101
3.3.4	冷凝器故障的维修	106
3.3.5	蒸发器故障的维修	108
3.3.6	毛细管和干燥过滤器故障的维修	113
3.3.7	常用闸阀故障的维修	116

3.4	电冰箱电气系统故障的维修	117
3.4.1	起动机继电器故障的维修	117
3.4.2	过载保护器故障的维修	119
3.4.3	除霜定时器故障的维修	119
3.4.4	温度控制器故障的维修	120
3.5	无氟电冰箱故障的维修	120
3.5.1	R134a 电冰箱制冷系统的维修	120
3.5.2	R600a 电冰箱制冷系统的维修	123
3.6	电冰箱维修后的检测	125
3.7	实训	126
3.7.1	实训 1 —— 电冰箱的性能测试	126
3.7.2	实训 2 —— 电冰箱门封的更换	127
3.7.3	实训 3 —— 电冰箱压缩机的更换	127
3.7.4	实训 4 —— 直冷式电冰箱的故障判断与排除	128
3.7.5	实训 5 —— 风冷电冰箱的故障判断与排除	129
3.8	习题	131
第 4 章	房间空调器的结构与原理	132
4.1	空气调节的内容与作用	132
4.1.1	空气调节的内容	132
4.1.2	空气调节的作用	132
4.2	空调器概述	133
4.2.1	空调器分类	133
4.2.2	房间空调器的规格及型号	135
4.2.3	房间空调器的主要技术指标	135
4.3	房间空调器制冷系统主要部件	137
4.3.1	全封闭压缩机	138
4.3.2	换热器	140
4.3.3	节流元器件	141
4.4	房间空调制冷系统辅助部件	148
4.4.1	干燥过滤器	148
4.4.2	储液器	148
4.4.3	电磁换向阀、单向阀与截止阀	148
4.4.4	分液器、气液分离器及油分离器	151
4.4.5	安全阀、易熔塞	152
4.5	房间空调器空气循环系统	153
4.5.1	房间空调器空气循环系统主要部件	153
4.5.2	房间空调器空气循环系统	154
4.5.3	新型空气净化技术	156
4.6	房间空调器电气系统主要部件	157
4.6.1	过载保护器	157
4.6.2	风扇电动机	158
4.6.3	风向电动机	161

4.6.4	温度控制器	162
4.6.5	电容器	162
4.6.6	电加热器	163
4.6.7	冷热转换开关及主控开关	163
4.6.8	除霜控制器	164
4.6.9	压力控制器	165
4.6.10	遥控器	166
4.7	窗式空调器的结构与原理	167
4.7.1	窗式空调器的基本结构	167
4.7.2	窗式空调器的工作原理	169
4.8	分体式空调器的结构与原理	174
4.8.1	分体式空调器的基本结构	174
4.8.2	分体式空调器的工作原理	180
※4.9	变频空调器	188
4.9.1	变频空调器的制冷系统	188
4.9.2	变频空调器的控制系统	190
4.9.3	变频空调器的性能特点	197
4.10	实训	198
4.10.1	实训1——空调器电气件的检测	198
4.10.2	实训2——房间空调器电气控制系统故障检修	201
4.11	习题	202
第5章	房间空调器的安装	204
5.1	房间空调器安装基础知识	204
5.1.1	空调器在安装前的准备工作	204
5.1.2	空调器安装位置的选择	204
5.1.3	空调器对用电的要求	204
5.2	窗式空调器的安装	206
5.2.1	安装位置的选择	206
5.2.2	安装步骤与防护要求	207
5.2.3	窗式空调器安装后的综合检查	208
5.3	分体式空调器的安装	209
5.3.1	室内机组的安装	209
5.3.2	室外机组的安装	211
5.3.3	排水管、制冷剂管的连接	211
5.3.4	线路连接	213
5.3.5	排空气	214
5.3.6	延长制冷剂管及补充制冷剂	215
5.3.7	试运转	216
5.4	习题	216
第6章	房间空调器的故障与维修	217
6.1	房间空调器故障检查方法	217
6.1.1	空调器常见的“假性故障”	217

6.1.2	空调器故障的检查、判断方法	218
6.2	空调器制冷系统常见故障与维修	219
6.2.1	空调器压缩机常见故障与维修	219
6.2.2	空调器压缩机冷冻润滑油变质的判断与更换方法	221
6.2.3	毛细管和干燥过滤器常见故障与维修	222
6.3	空调器电气系统常见故障与维修	223
6.3.1	主电路常见故障分析与维修	223
6.3.2	控制电路常见故障分析	228
6.4	窗式空调器的故障与维修	230
6.4.1	窗式空调器故障的分类	230
6.4.2	窗式空调器常见故障及检修方法	230
6.5	分体式空调器的故障与维修	233
6.5.1	故障检查步骤及检查方法	233
6.5.2	分体式空调器常见故障及检修方法	236
6.6	实训	238
6.6.1	实训1——房间空调器的计算机控制板功能检测	238
6.6.2	实训2——房间空调器制冷系统常见故障与检修	239
6.7	习题	240
第7章 制冷设备维修操作技术		241
7.1	制冷维修工具及其使用	241
7.1.1	常用维修工具	241
7.1.2	专用维修工具及使用	241
7.1.3	专用设备	246
7.2	气焊的基本知识	249
7.2.1	焊接火焰的要求、种类、特点及应用	249
7.2.2	气焊的基本操作技术	251
7.2.3	气焊操作的安全注意事项	254
7.2.4	气焊焊接实例	254
7.3	电冰箱制冷系统的维修	256
7.3.1	电冰箱制冷系统的清洗	256
7.3.2	电冰箱制冷系统的吹污	257
7.3.3	电冰箱制冷系统的压力试漏和检漏	257
7.3.4	电冰箱制冷系统的抽真空	258
7.3.5	电冰箱加注制冷剂及冷冻油	260
7.3.6	电冰箱的开背修理	265
7.4	房间空调器制冷系统的维修	269
7.4.1	窗式空调制冷系统的维修	269
7.4.2	分体式空调制冷系统的维修	271
7.5	分体式空调器的移装	275
7.5.1	分体式空调器的拆卸	275
7.5.2	分体式空调器的安装及试运行	276
7.6	实训	276

7.6.1 实训1 —— 电冰箱制冷系统的清洗	276
7.6.2 实训2 —— 电冰箱制冷系统的检漏	277
7.6.3 实训3 —— 电冰箱制冷系统的抽真空和充注制冷剂	278
7.6.4 实训4 —— 电冰箱制冷系统加注润滑油	279
7.6.5 实训5 —— 电冰箱的开背修理	279
7.6.6 实训6 —— 窗式空调器拆装	281
7.6.7 实训7 —— 分体式空调器拆装与认识	281
7.6.8 实训8 —— 分体式空调器的抽真空和充注制冷剂	282
7.7 习题	283
参考文献	284

第 1 章 制冷与空调技术基础知识

1.1 热力学基础知识

1.1.1 物质的 3 种状态

自然界中的物质一般是由分子组成的。组成物质的分子间有一定的距离。分子间始终存在着相互作用力，这种作用力有时表现为斥力，有时表现为引力。而且分子做永不停息的无规则运动，分子的这种无规则运动称为热运动。由于物质分子间的距离不同，因而分子间相互作用力的大小不同，热运动的方式也不同，使物质呈现出 3 种不同的状态。

(1) 固态

固体分子间距离很小，而相互作用力很大。分子被束缚在平衡位置上只能作振幅很小的振动，而不能相对移动。固态的物质具有一定的体积、形状和机械强度。

(2) 液态

液体分子间的距离较小，而相互作用力较大，足以使分子之间保持一定的距离。分子既能在平衡位置附近作振幅较大的热运动，又能单个或成群地相对移动。液态的物质具有流动性，有一定的体积而没有一定的形状。

(3) 气态

气体分子间的距离较大，而相互作用力十分微弱，以致分子间不能相互约束。分子作无规则的热运动，向四面八方飞散。各个分子在热运动中与其他分子或容器壁碰撞后会改变其运动方向。气态的物质既没有一定的体积，也没有一定的形状，可以充满整个容器。

物质的 3 种状态尽管表现形式不同，但在一定的条件下，其状态是可以发生变化的。例如，在标准大气压条件下把 100℃ 的水再加热时就会变成水蒸气，把 0℃ 的冰再加热就会变成水。物质由一种状态转变成另一种状态，称为物态变化。人为地控制物质所处的环境条件，就可以按照人们的意志改变物质的状态，从而实现预期的目的。

1.1.2 物质相变与热量转移

在自然界中，物质的 3 种状态之间在一定的条件下可以相互转化，这个转化过程称为相变。物态变化与热量转移如图 1-1 所示。物质从固态变成液态称为融解（熔解），融解过程要吸收热量；而物质从液态变成固态称为凝固，凝固过程会放出热量；物质从固态变成气态称为升华，升华过程要吸收热量；而从气态变成固态称为凝华，凝华过程会放出热量；物质从液态变成气态称为汽化，汽化过程要吸收热量；而物质从气态变成液态称为液化，液

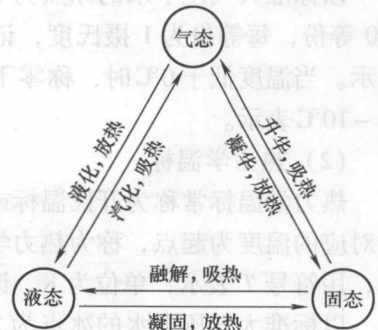


图 1-1 物态变化与热量转移

化过程会放出热量。

(1) 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，沸腾时的温度称为沸点。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 ；氟利昂 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称为蒸发器、蒸发温度和蒸发压力。

(2) 液化

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。

如果蒸汽跟产生这种蒸汽的液体处于平衡状态，这种蒸汽称为饱和蒸汽。饱和蒸汽的温度、压力分别称为饱和温度、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），饱和气压及饱和蒸汽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，未饱和蒸汽也就变成饱和蒸汽。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。

1.1.3 温度和温标

1. 温度

温度是表示物体冷热程度的物理量，是物体内部分子热运动的平均动能的标志。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。

2. 温标

测量温度的标尺称为温标。常用的温标有摄氏温标及热力学温标两种，其中热力学温标为国际单位制温标。

(1) 摄氏温标

以标准大气压下水的冰点为 0° ，水的沸点为 100° ，在 0° 与 100° 之间平均分成 100 等份，每等份为 1 摄氏度，记做 1°C 。用摄氏温标表示的温度称为摄氏温度，用符号 t 表示。当温度低于 0° 时，称零下多少度，在温度数值前加“-”号表示，如零下 10° ，用 -10°C 表示。

(2) 热力学温标

热力学温标常称为开氏温标或绝对温标，这种温标是以物质内部分子热运动速度为零时所对应的温度为起点，称为热力学零度。用热力学温标表示的温度称为热力学温度或绝对温度，用符号 T 表示，单位为 K，读做开 [尔文]。

以标准大气压下水的冰点为 273°C ，水的沸点为 373°C ，其间也分为 100 等份，每一等份为热力学温度 1 开 [尔文]，记做 1K。

(3) 两种温标间温度的换算

由于摄氏温标、热力学温标将水的冰点与沸点间均分为 100 等份，因此每等份是相同的，即 $1^{\circ}\text{C} = 1\text{K}$ ，所不同的是起点值不同。所以二者的换算为：

$$T = \left(\frac{t}{^{\circ}\text{C}} + 273.15 \right) \text{K} \approx \left(\frac{t}{^{\circ}\text{C}} + 273 \right) \text{K} \quad (1-1)$$

或

$$t = \left(\frac{T}{\text{K}} - 273.15 \right) ^{\circ}\text{C} \approx \left(\frac{T}{\text{K}} - 273 \right) ^{\circ}\text{C} \quad (1-2)$$

1.1.4 干、湿球温度

(1) 干球温度

将一般的温度计，例如水银温度计，置于室外，测得的环境温度就是干球温度。

(2) 湿球温度

将水银温度计的感温球包扎上湿润的纱布，并将纱布下端浸入于充水容器中，就构成湿球温度计，如图 1-2 所示。将湿球温度计置于通风处，其读数就成为湿球温度。

湿球温度计的读数反映了湿球纱布上水的温度。若空气中的水蒸气达到饱和状态，那么纱布上的水就不会汽化。这样，湿球温度计的读数与干球温度计的读数相同。若空气中的水蒸气未达到饱和状态，那么湿球纱布上的水就会不断汽化。汽化需要吸收汽化潜热，水温就因汽化而下降，所以湿球温度一般低于干球温度。空气中所含水蒸气越少（即离饱和状态越远），其湿球温度越低，干、湿球温度差就越大；反之，干、湿球的温度差越小，表明天气越潮湿。

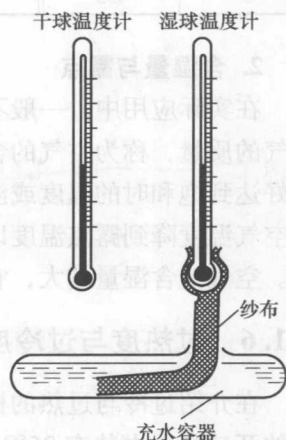


图 1-2 干、湿球温度计

1.1.5 湿度与露点

空气中含有水蒸气。在一定温度下，空气中所含水蒸气的量达到最大值时，这种空气就称为饱和空气。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、含湿量和露点来表示。

1. 绝对湿度、相对湿度

单位体积空气中含水蒸气的质量，称为空气的绝对湿度，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：

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

相对湿度可采用图 1-2 所示的干、湿球温度计测得。

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、湿球温度差就越小。不同温度下的饱和水蒸气压力如表 1-1 所示。

表 1-1 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，称为空气的含湿量，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。

1.1.6 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 1-3 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气的混合物，称为湿蒸气。再继续加热时，水全部汽化为蒸气而温度保持 100°C 不变，此时的蒸气称为干蒸气。若再继续加热，干蒸气继续加热升温，温度超过饱和温度 100°C，此时的蒸气称为过热蒸气。过热蒸气的温度与饱和温度之差称为过热度。图中过热蒸气的过热度为 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。

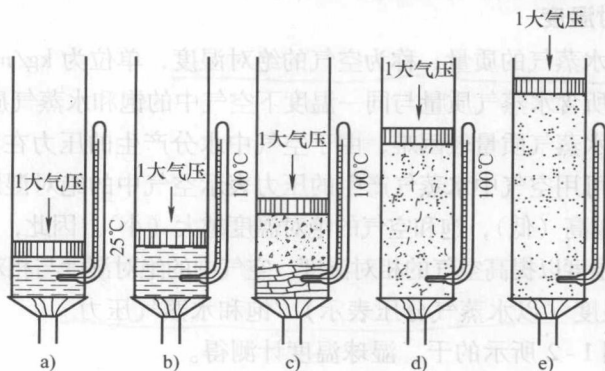


图 1-3 过冷与过热过程

a) 过冷水 b) 饱和水 c) 湿蒸气 d) 干蒸气 e) 过热蒸气

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汽而言的。当蒸汽的压力一定，而温度高于该压力下相对应的饱和温度时就称为过热蒸汽；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，也称为过热蒸汽。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，而蒸汽的温度高于 -20°C ，则为过热蒸汽，若蒸汽的温度为 -15°C ，则过热温度为 5°C ；如温度不变，而蒸汽的压力低于 0.15MPa，则也称为过热蒸汽。电冰箱制冷系统中，压缩机的吸气管和排气管中流过的 R12 蒸汽都属于过热蒸汽。

2. 过冷

在制冷技术中，过冷是针对制冷剂液体而言的。在压力一定时，温度低于该压力下相对应的饱和温度就称为过冷。例如，R12 制冷剂的饱和温度为 45°C 时，相对应的饱和压力为 1.0813MPa。如果将压力为 1.0813MPa 的 R12 制冷剂液体冷却到 40°C ，则该液体即为过冷液，其过冷度为 5°C 。电冰箱制冷系统中，从冷凝器流出的 R12 液体一般具有约 5°C 的过冷度。

1.1.7 压力和真空度

1. 压力

工程上常把单位面积上受到的垂直作用力称为压力，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。

2. 绝对压力和表压力

测量气体压力时，由于测量压力的基准不同，因此压力有绝对压力和表压力两种表示方法。绝对压力是指作用在单位面积上的压力的绝对值，而表压力是指压力表上的读数。以绝对零压力线（绝对真空）为测量基点测得的压力即为绝对压力，用符号 P_a 表示；以 1 个标准大气压为测量基点测得的压力即为表压力，用符号 P_q 表示。当绝对压力等于当地大气压时，压力表的读数为零。如果以 B 表示当地大气压力，则 P_a 、 P_q 与 B 有下列关系：

$$P_a = P_q + B \quad (1-3)$$

即绝对压力等于表压力与大气压力之和，而表压力等于绝对压力与大气压之差。例如：在 R12 制冷系统中，低压区压力表指示为 0.034MPa，这时对应的绝对压力是：

$$P_a = P_q + B = (0.034 + 0.1) \text{ MPa} = 0.134 \text{ MPa}$$

又如在 R22/R12 制冷系统中，低压区压力表指示为 0.486MPa，这时对应的绝对压力是：

$$P_a = P_q + B = (0.486 + 0.1) \text{ MPa} = 0.586 \text{ MPa}$$

在工程上常用表压力，但在制冷工程的计算中则必须采用绝对压力。

3. 真空度

真空是指某一空间单位体积中气体分子的数目减少到其压力低于标准大气压的气体状态。真空中并不是没有物质，完全没有物质的空间称为“绝对真空”，但是绝对真空是不存在的。