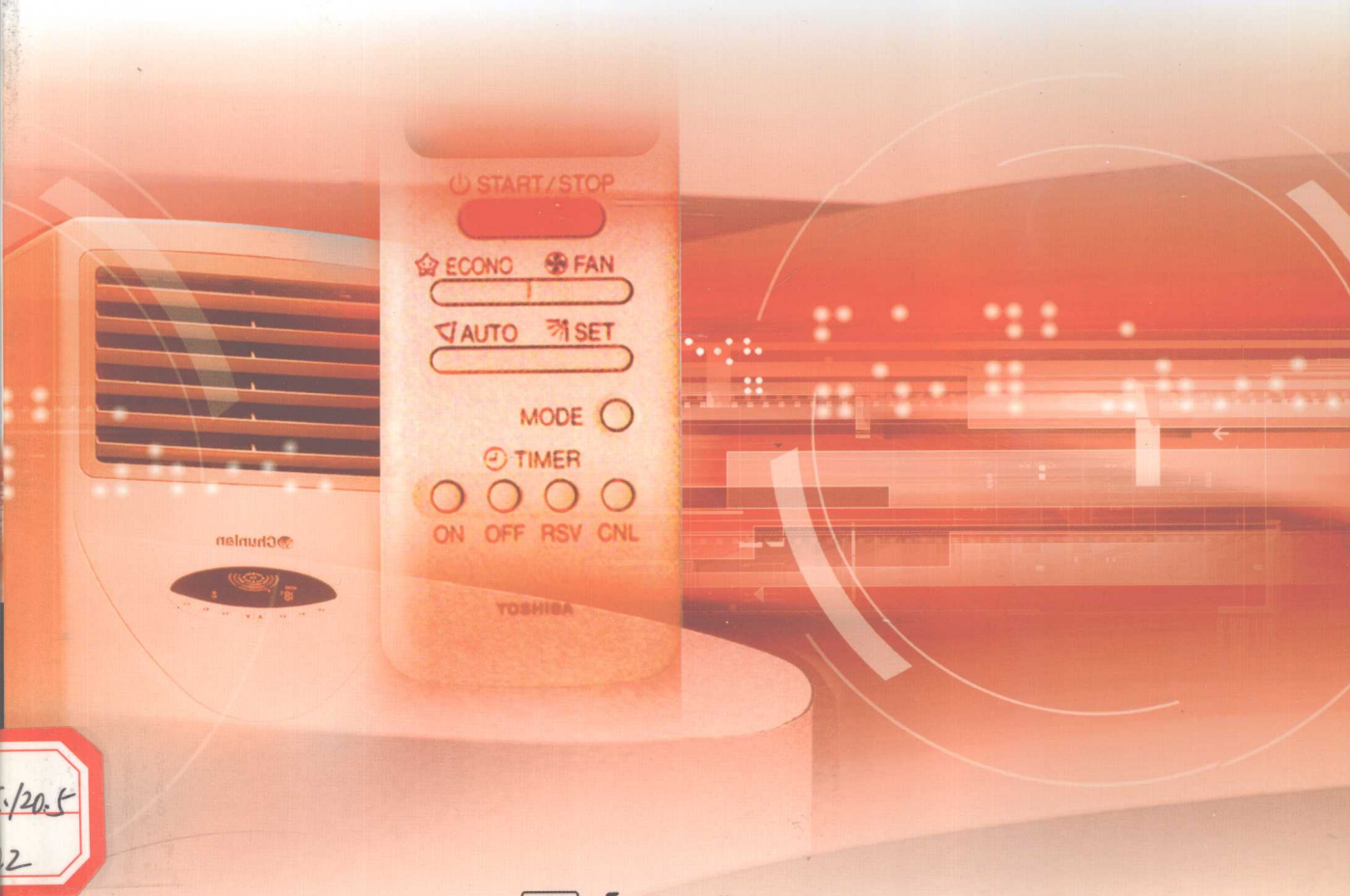




教育部职业教育与成人教育司推荐教材
中等职业学校电子技术专业教学用书

空调器安装工 必备知识与技能训练

◎ 李佩禹 主编



5/20.5
2



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

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

教育部职业教育与成人教育司推荐教材
中等职业学校电子技术专业教学用书

空调器安装工 必备知识与技能训练

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 • BEIJING

内 容 简 介

本书共分8章。第1章到第5章为基础部分,主要包括热工与换热基本知识,制冷与空调基本知识,空调器的结构和工作原理,电工基本知识,仪器仪表与工具使用等;第6章到第8章为技能操作部分,主要包括空调器的选用知识,窗式、分体壁挂式、柜式空调器的安装调试,常见安装故障及处理方法等。本书参考了格力、海尔、美的、海信、科龙、澳柯玛等名牌企业的安装维修资料,吸取了各空调器厂家的最新技术成果。

本书可作为空调器安装人员的技能培训教材,也可供各级职业院校学生、农村进城务工人员 and 有志从事空调器技术行业的城镇职工学习参考。

为方便教师教学,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。

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

空调器安装工必备知识与技能训练/李佩禹主编. —北京:电子工业出版社, 2005.9
教育部职业教育与成人教育司推荐教材·中等职业学校电子技术专业教学用书
ISBN 7-121-01714-8

I. 空… II. 李… III. 空气调节设备—设备安装—专业学校—教材 IV. TB657.2

中国版本图书馆CIP数据核字(2005)第106259号

责任编辑:蔡 葵

印 刷:北京季蜂印刷有限公司

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

经 销:各地新华书店

开 本:787×1092 1/16 印张:11.5 字数:288千字

印 次:2005年9月第1次印刷

印 数:5000册 定价:14.80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 zltts@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

中等职业学校教材工作领导小组

组 长：陈贤忠 安徽省教育厅厅长

副组长：李雅玲 信息产业部人事司技术干部处处长

尚志平 山东省教学研究室副主任

睦 平 江苏省教育厅职社处副处长

苏渭昌 教育部职业技术教育中心研究所所长

王传臣 电子工业出版社副社长

组 员：（排名不分先后）

唐国庆 湖南省教科院

张志强 黑龙江省教育厅职成教处

李 刚 天津市教委职成教处

王润拽 内蒙古自治区教育厅职成教处

常晓宝 山西省教育厅职成教处

刘 晶 河北省教育厅职成教处

王学进 河南省职业技术教育教学研究室

刘宏恩 陕西省教育厅职成教处

吴 蕊 四川省教育厅职成教处

左其琨 安徽省教育厅职成教处

陈观诚 福建省职业技术教育中心

邓 弘 江西省教育厅职成教处

姜昭慧 湖北省职业技术教育研究中心

李栋学 广西自治区教育厅职成教处

杜德昌 山东省教学研究室职教室

谢宝善 辽宁省基础教育教研培训中心职教部

安尼瓦尔·吾斯曼 新疆自治区教育厅职成教处

秘 书 长：李 影 电子工业出版社

副秘书长：蔡 葵 电子工业出版社

前言



由于空调器整机在出厂后,只有通过安装、连接和调试,用户才能正常使用。因此,空调器的安全和性能良好与否,除与空调器出厂时的品质有关外,还与空调器的安装、连接和调试密切相关。

近几年,空调器大量进入城镇家庭,旺季(5月~9月)安装人员严重不足,不仅影响了厂商、经销商的服务承诺,而且影响了用户的使用;再加之没有经过空调器安装技能培训的农民工大量加入,加剧了漏氟、漏水等安装故障的出现,人身安全、设备安全事故也常有发生。

为了提高安装人员的技术水平和服务质量,普及空调知识,我们组织格力、海尔、美的、海信、科龙、澳柯玛等空调器生产企业的技术专家编写了这本《空调器安装工必备知识与技能训练》一书,作为空调器安装人员的培训教材,供各级职业院校学生、农村进城务工人员 and 有志从事空调行业的城镇职工学习应用。

本书共分8章。第1章到第5章为基础部分,主要包括热工与换热基本知识,制冷与空调基本知识,空调器的结构和工作原理,电工基本知识,仪器仪表与工具使用等;第6章到第8章为技能操作部分,主要包括空调器的选用知识,窗式、分体壁挂式、柜式空调器的安装调试,常见安装故障及处理方法等。

在本书编写过程中,充分体现了GB17790—1999《房间空气调节器安装规范》的内容要求,参考了格力、海尔、美的、海信、科龙、澳柯玛等名牌企业的安装维修资料,吸取了各空调器厂家的最新技术成果,在此深表谢意。

本书由李佩禹担任主编,并负责统稿。许云强、王玉芳、汪涛、刘忠玉、王文中等参编。

书中不足之处,敬请各使用单位和广大读者提出批评建议。反馈意见请发至以下邮箱:jnlpy@163.com。

为方便教师教学,本书配有电子教学参考资料包,包括电子教案、教学指南及习题答案,请有此需要的教师登录华信教育资源网(www.hxedu.com.cn)下载,或与电子工业出版社联系,我们将免费提供。E-mail:ve@phei.com.cn。

编者

2005年3月



目 录



第 1 章 热工与换热基本知识	1
1.1 气体基本状态参数	1
1.2 热量、显热、潜热及制冷量	3
1.3 物质的状态变化	5
1.4 热的传递方式	6
1.5 空气的性质及处理方法	8
1.6 空气调节	10
本章小结	11
习题 1	12
第 2 章 制冷与空调基本知识	13
2.1 制冷制热原理	13
2.2 氟利昂制冷剂	14
2.3 无氟制冷剂 R407C	16
本章小结	17
习题 2	17
第 3 章 空调器的结构和工作原理	18
3.1 空调器的分类及型号代码	18
3.2 空调器结构与工作原理	19
3.3 空调器制冷系统及主要部件	24
3.4 空调器的主要电气零部件及电气系统	37
3.4.1 空调器的主要电器零部件	37
3.4.2 空调器的电气系统	44
3.5 分体式空调器的室内机组的电气连接	45
本章小结	48
习题 3	49
第 4 章 电工基本知识	50
4.1 单相、三相交流电路基本知识	50
4.2 空调器对电源及电源线路质量的要求	51
4.3 接地方法与电气安全	55
4.3.1 接地与接零	55
4.3.2 对接地装置的要求	55

4.3.3	空调器的接地方法	56
4.3.4	触电事故的原因	58
4.3.5	预防触电事故的措施	59
4.3.6	触电急救	61
4.4	安全配电检查标准	62
本章小结		63
习题 4		63
第 5 章	仪器仪表与工具使用	64
5.1	电工仪表的使用	64
5.1.1	万用表	64
5.1.2	兆欧表	66
5.1.3	钳形表	67
5.2	制冷仪器仪表的正确使用	67
5.2.1	空调器安装的常用工具	67
5.2.2	制冷仪器仪表的使用	68
5.3	专用工具及使用方法	72
5.4	焊接	77
5.4.1	设备	77
5.4.2	焊接	77
本章小结		83
习题 5		83
第 6 章	空调器的选择、使用与保养	84
6.1	空调器的选择及安装设计	84
6.2	安装服务基本知识	85
6.3	安全知识	86
6.4	视读空调器使用说明书	87
本章小结		102
习题 6		102
第 7 章	空调器的安装	103
7.1	房间空调器安装规范	103
7.1.1	空调器安装要求	103
7.1.2	安装操作程序	107
7.1.3	试验方法	108
7.2	房屋结构及防震、降噪知识	109
7.3	安装步骤	111
7.4	窗式空调器的安装	113
7.5	分体壁挂式空调器的安装	118
7.6	分体壁挂式空调器安装实例	130
7.7	分体立柜式空调器的安装	140
7.8	空调器性能及测试方法	149

7.9 充注及回收制冷剂的方法	152
7.10 空调器的无尘安装	156
7.11 空调器的移机	157
本章小结	158
习题 7	159
第 8 章 空调器常见安装故障及处理方法	160
8.1 空调器常见安装故障	160
8.2 空调器安装故障的诊断方法	162
本章小结	167
习题 8	167
附录 A 空调器安装考试模拟试卷	168

第1章 热工与换热基本知识

1.1 气体基本状态参数

物质的分子时刻处于无规则运动中，其状态（气态、液态或固态）在一定的条件下可以相互转化。为了描述气体在各种状态下的特征，必须用某些物理量来确定和描述气体的性质，这些物理量称为气体的状态参数。其中温度、压力和比容是气体的基本状态参数。

1. 温度

温度是表示物体冷热程度的物理量。用温标来表示温度的标度，常用的有摄氏温标、华氏温标和开氏温标。

(1) 摄氏温度 ($^{\circ}\text{C}$)

摄氏温度用 t 表示，单位符号为 $^{\circ}\text{C}$ 。摄氏温度是指在一个标准大气压 (10^5Pa) 下，以水的冰点为 0°C 、沸点为 100°C ，把其间分为 100 等分，每一等分为 1 摄氏度，记作 1°C 。按此分割制成的温度测量仪器——温度计，称为摄氏温度计。

(2) 华氏温度 ($^{\circ}\text{F}$)

华氏温度用 t_{F} 表示，单位符号为 $^{\circ}\text{F}$ 。华氏温度是指在一个标准大气压 (10^5Pa) 下，以水的冰点为 32°F 、沸点为 212°F ，把其间分为 180 等分，每一等分为 1 华氏度，记作 1°F 。按此分割制成的温度计被称为华氏温度计。

(3) 开氏温度 (K)

开氏温度又称绝对温度，用 T 表示，单位符号为 K 。开氏温度是指在一个标准大气压 (10^5Pa) 下，以水的冰点为 273K 、沸点为 373K ，把其间分为 100 等分，每一等分为 1 开氏度，记作 1K 。

当物质的温度达到 0K 时，即 -273°C 或 -460°F 时，物质的分子停止运动，把这个温度称为绝对零度。无论使用哪一种温标，都规定当温度在零度以下时，在温度数值前边加“-”号，以表示零下温度。

三种温度之间的关系如图 1.1 所示。

可按下式换算：

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

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

$$T = t + 273 (\text{K})$$

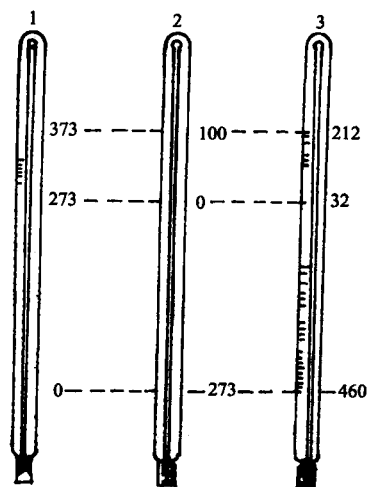


图 1.1 各种温标的关系



在制冷工程中常用玻璃温度计、热电偶温度计、电接点式温度计、电阻温度计和半导体温度计测量温度。

2. 压力

工程上压力是指单位面积上所承受的垂直作用力，也叫压强，用 P 表示，单位为牛顿/米² (N/m²)，简称帕 (Pa)。压力的单位还有以下几种表示方法：以千克力表示 (kgf/cm²)；以液柱高度表示 (mmHg 或 mmH₂O)；以大气压 (atm) 或“巴” (bar) 等表示。各种压力单位的换算关系见表 1.1。

表 1.1 压力单位换算表

单位	Pa	kgf/cm ²	atm	mmHg
Pa	1	1.02×10^{-5}	9.87×10^{-6}	7.5×10^{-3}
kgf/cm ²	9.8×10^4	1	9.68×10^{-1}	7.36×10^2
atm	1.013×10^5	1.033	1	7.6×10^2
mmHg	1.333×10^2	1.36×10^{-3}	1.316×10^{-3}	1

在实际应用中，压力有表压力和绝对压力之分。

表压力是通过压力表上的数值表示的，是以一个大气压作为基准 (0)，即为被测气体的实际压力与当地大气压力的差值。如果表压力比大气压力低时，就是负值，称真空度 (B)。表压力是为制冷系统运行和操作时观察使用的。

绝对压力是表示气体实际的压力值，等于表压力和大气压力之和，即 $P_a = P_o + P_g$ 。式中 P_a ——绝对压力， P_o ——大气压力， P_g ——表压力。

图 1.2 表示绝对压力、表压力和真空度的关系。

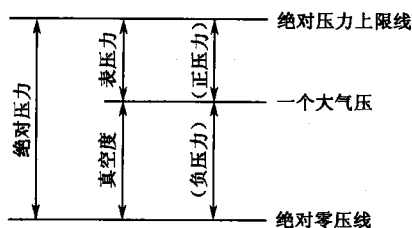


图 1.2 绝对压力、表压力和真空度的关系

3. 比容

比容是指单位质量的物质所占的容积，用 v 表示，其单位是米³/千克 (m³/kg)，或升/千克 (L/kg)。制冷剂蒸气的比容是决定压缩机制冷量的重要参数。

比容是物质分子之间密集程度的物理量。对于气体而言，分子间距大，比容也大，密集程度就小，可压缩性就大；反之，比容小，则分子间的密集程度大，可压缩性就小。

制冷技术还常用到比容的倒数——密度 (ρ)，即

$$v = 1/\rho \text{ 或 } v \cdot \rho = 1$$

密度是指单位容积的物质所具有的质量，单位为 kg/m³ (千克/米³)。液体的密度比气体



大, 制冷设备中的油分离器、气液分离器就是利用这一性质达到分离目的的。

1.2 热量、显热、潜热及制冷量

1. 热量

物质所具有的热能, 是指该物质的分子所具有的动能和位能之和, 即物质的内能。热量是表示物体吸热或放热多少的物理量, 是能量的一种表现形式。热量只有在热能转移过程中才有意义。

热量的单位有如下四种:

(1) 工程单位制中热量的单位为大卡 (kcal), 1 大卡为 1kg 纯水在一个标准大气压下温度升高 1℃所需要的热量。在上述条件下把 1g 纯水升高 1℃所需的热量称为 1 卡 (cal)。

$$1 \text{ 大卡 (kcal)} = 1000 \text{ 卡 (cal)}$$

(2) 在国际单位制中热量的单位为焦耳, 用符号 J 表示。目前我国国标也已采用这种单位。

$$1 \text{ J} = 0.24 \text{ cal} (1 \text{ kJ} = 0.24 \text{ kcal})$$

(3) 在英制单位中热量的单位为“英热单位”。1 磅纯水升高或降低 1°F 所吸收或放出的热量, 称为 1 个英热单位 (British thermal unit), 简写为 Btu。

$$1 \text{ Btu} = 0.25 \text{ kcal} = 1.05 \text{ kJ}$$

(4) 在大型制冷工程中采用“冷吨”作为热量单位。在 24h 内将 1 吨纯水从 0℃冻结为 0℃的冰所需要的热量称为 1 冷吨。

$$1 \text{ 冷吨} = 13\,878 \text{ kJ/h.}$$

各种热量单位间的换算关系列于表 1.2 中。

2. 显热、潜热和比热容

(1) 显热

在物体吸热或放热过程中, 仅使物体分子的动能增加或减少, 即使物质的温度升高或降低, 并没有物质形态的变化, 它所吸收或放出的热量称之为显热。例如, 水吸热后温度由 20℃上升至 35℃, 其温度变化所吸收的热即为显热。显热可以用触摸而感觉出来, 也可用温度计测出来。

表 1.2 各种热量单位换算关系表

单 位	kJ	kcal	Btu
kJ	1	0.24	0.95
kcal	4.18	1	3.97
Btu	1.05	0.252	1

(2) 潜热

当物体吸热或放热过程中, 仅使物质分子的位能增加或减少, 即使物质状态改变, 而其温度并不变化时, 它所吸收或放出的热量称之为潜热。例如, 在常压下 100℃的水因沸腾



而汽化,这时水吸收的热量为潜热。同样,100℃的水蒸气,在常压下液化同温度的水所放出的热量也称为潜热。潜热不能通过触摸感觉到,也无法用温度计测出来。

潜热有汽化热、液化热、溶解热和凝固热等。根据能量守恒定律,在同样条件下,同一物体的汽化热与液化热、溶解热与凝固热相等。表 1.3 给出了几种制冷剂在一个大气压下沸腾时的汽化热,图 1.3 所示为 1kg 水在一个大气压下的各类热值。

实验证明:同一物体在不同压力下汽化时所需的汽化热是不同的,而同一物体在不同温度下汽化时所需的汽化热也不同,一般说来,压力增高或汽化温度降低均使汽化热增大。

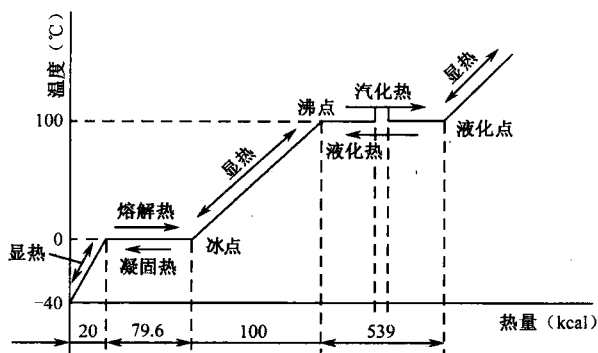


图 1.3 1kg 水在一个大气压下的各类热值

表 1.3 几种氟利昂制冷剂在不同温度下的汽化热

制 冷 剂	R12	R22	R114	R502
汽化潜热 (-20℃时) kcal/kg	39.05	52.77	34.15	39.00
汽化潜热 (0℃时) kcal/kg	36.09	49.43	32.95	35.83

(3) 比热容

比热容是指单位质量的某种物质温度升高 1℃时所吸收的热量。不同物质的比热不同,常用单位为 $\text{cal}/(\text{g} \cdot ^\circ\text{C})$ 或 $\text{kcal}/(\text{kg} \cdot ^\circ\text{C})$,一般可以从各种物理手册中查出。表 1.4 给出了制冷技术中常碰到的几种物质的比热。

表 1.4 几种物质的比热容

物 质	铜	铝	钢	水	木材	空气	冰	R12(30℃)	R22(30℃)
比热 ($\text{kcal}/\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}$)	0.093	0.21	0.118	1.00	0.6	0.24	0.5	0.24	0.34

有了比热容的概念就可以进行热量的计算。如某一物质,当温度变化时,所需吸收或放出的热量,就等于该物质的比热、质量及温度变化值三者的乘积,即

$$Q = c \cdot m(t_2 - t_1)$$

式中, c ——比热, $\text{kcal}/(\text{kg} \cdot ^\circ\text{C})$ 或 $\text{cal}/(\text{g} \cdot ^\circ\text{C})$

t_1 、 t_2 ——物质的初温和终温 ($^\circ\text{C}$)

m ——质量, kg 或 g

Q ——热量 (kcal 或 cal)

当物质吸热时, $t_2 > t_1$, $Q > 0$; 当物质放热时, $t_2 < t_1$, $Q < 0$ 。



3. 制冷量

制冷量又称冷量，是指单位时间里由制冷机从低温物体（房间）向高温物体（环境）所转移的热量，单位为 W 或 kW，也可用 J/h 或 kJ/h 表示。

过去制冷量用千卡/小时（kcal/h）表示，它与瓦之间的关系为

$$1\text{W}=0.86\text{kcal/h}$$

英制制冷量为英热单位（Btu），其关系为

$$1\text{Btu}=0.25\text{kcal}$$

1.3 物质的状态变化

固体、液体、气体是物体存在的三种状态，状态之间的变化都伴有热的转移，热的吸收和放出是物体升温、降温或固、液、气三态之间变化的条件。

1. 汽化和液化

在日常生活中可以看到，把水泼在地面上，不久地面又慢慢恢复干燥，这是因为水变成水蒸气跑到空气里去的缘故，我们把这种过程称为蒸发。另外，当把水加热到 100℃ 时，水面不断地翻滚，并从水里大量地产生气泡，这种现象称为沸腾。在沸腾过程中，即使继续加热，水的温度却始终保持 100℃ 不变。蒸发与沸腾都是由液体变成蒸气的过程，都称为汽化过程，但两者之间有明显的区别。蒸发在任何压力、温度下都在进行着，只是局限在表面的液体转为蒸气，而沸腾在一定压力下只有达到与此压力相对应的一定温度时才能进行，且从液体内部大量地产生蒸气。例如，在一个大气压下，水温达到 100℃ 时就沸腾；在 0.48kgf/cm² 绝对压力下，水温 80℃ 时就沸腾。

液化与汽化过程恰恰相反，当水蒸气在一定压力下冷却到一定温度时，就会由水蒸气状态转变为液体状态，这种冷却过程称为液化过程或称凝结过程。把盛有热水的锅盖揭开，锅盖上就有许多水珠滴下来，这是汽化了的水蒸气遇到较冷的锅盖重新凝结的表现。

2. 饱和温度和饱和压力

液体沸腾时所维持的不变温度称为沸点，又称为在某一压力下的饱和温度，与饱和温度相对应的某一压力称为该温度下的饱和压力。例如，水在一个大气压力下的饱和温度为 100℃，水在 100℃ 时的饱和压力为一个大气压。

饱和温度和饱和压力之间存在着一定的对应关系，例如在海平面，水到 100℃ 方才煮开，而在高原地带，不到 100℃ 就沸腾。一般来讲，压力升高，对应的饱和温度也升高；温度升高，对应的饱和压力也增大。

对制冷剂的要求是沸点要低，这样才能利用制冷剂在低温下汽化吸热来得到低温。

3. 过热和过冷

在制冷技术中，过热是针对制冷剂蒸气而言的。过热是指在某一定压力下，制冷剂蒸气的实际温度高于该压力下相对应的饱和温度的现象。同样，当温度一定时，压力低于该温度下相对应的饱和压力的蒸气也是过热。例如 R12 制冷剂，蒸发温度为 -15℃ 时，对应的饱



和压力应为 1.863kgf/cm^2 。如果温度不变, 压力低于 1.863kgf/cm^2 , 则此蒸气为过热蒸气; 如果压力不变, 温度高于 -15°C , 也称为过热蒸气。过热蒸气的温度与饱和温度之差称为过热度。如一个大气压下的过热水蒸气温度为 105°C , 其过热度则为

$$105^\circ\text{C} - 100^\circ\text{C} = 5^\circ\text{C}$$

在制冷技术中, 过冷是针对制冷剂液体而言的。过冷是指在某一定压力下, 制冷剂液体的温度低于该压力下相对应的饱和温度的现象。例如 R12 制冷剂的饱和温度为 30°C 时, 对应的饱和压力为 7.581kgf/cm^2 , 如果将压力为 7.581kgf/cm^2 的 R12 制冷剂液体冷却到 25°C , 那么这时的制冷剂液体称为过冷液体。过冷液体比饱和液体温度低的值称为过冷度。例如压力在 7.581kgf/cm^2 下的 R12 制冷剂液体的温度为 25°C 时的过冷度为

$$30^\circ\text{C} - 25^\circ\text{C} = 5^\circ\text{C}$$

4. 临界温度与临界压力

气体的液化与温度和压力有关。增大压力和降低温度都可以使未饱和蒸气变为饱和蒸气, 进而液化。气体的压力越小, 其液化的温度越低; 随着压力的增加, 气体的液化温度也随之升高。温度升高超过某一数值时, 即使再增大压力也不能使气体液化, 这一温度叫作临界温度。在这一温度下, 使气体液化的最低压力叫做临界压力。制冷剂蒸气只有将温度降到了临界点以下时, 才具备液化条件。表 1.5 列出了几种制冷剂的临界温度和临界压力。

表 1.5 几种制冷剂的临界温度和临界压力

物质名称	R12	R22	R13
临界温度 ($^\circ\text{C}$)	112.04	96.14	28.78
临界压力 (kgf/cm^2)	41.96	50.84	39.36

对临界温度和临界压力的研究, 在制冷技术中有着特别重要的意义。比如, 对于制冷剂的一般要求中, 就有临界温度高、临界压力低、易于液化一项。

5. 露点

在自然界中, 空气总是或多或少地含有水蒸气, 这种空气叫作湿空气。湿度是湿空气的状态参数之一, 它表示空气中所含水分的量。在一定温度下, 空气中所含水蒸气的量达到最大值, 这种空气就叫饱和空气。

露点温度是反映在一定压力下, 空气中含有水蒸气量不变时所含水蒸气达到饱和温度, 也就是空气开始结露的温度。物体表面的温度高于露点温度就不会结露, 低于露点温度就要结露。湿度越高, 露点温度与空气温差越小。例如, 在一个大气压下, 空气温度为 30°C , 相对湿度为 60%, 露点温度为 20.9°C , 相对湿度为 90% 时, 则露点温度为 28.1°C 。

1.4 热传递方式

热量由一个物体传给另一个物体, 或是一个物体吸收另一个物体的热量, 必然存在热量的传递转移过程。其传递方式分为热传导、热对流和热辐射。在实际的传热过程中, 这三种传热方式往往是同时进行的, 当然也存在单一方式进行传热的情况。

1. 热传导

热量由物体内部某一部分传递到另一部分，或是相互接触的两个物体，由一个物体传给另一个物体，这种传热方式称为热传导。将铁棍的一端放在火上加热，另一端握在手中，过一段时间，手会感到热，这是热传导的典型实例。

物质不同，其热传导能力也不同。为表明这一特性，引入导热系数这一物理量，其含义是：在稳定的条件下，面积为 1m^2 、厚度为 1m 、两侧平面的温度差为 1°C 的某物质， 1h 的时间，由一侧面传递到另一侧面的热量，称为该物质的导热系数，单位是 $\text{kJ}/(\text{m} \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C})$ 。用符号 λ 表示。

表 1.6 列出了一些常用材料的导热系数。

表 1.6 几种常用材料的导热系数

材 料	$\lambda (\text{kJ}/\text{m} \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C})$	材 料	$\lambda (\text{kJ}/\text{m} \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C})$
紫铜	1382	软木	0.17~0.25
铝	733	空气夹层	0.25
钢	163	水	2.1
霜层	2.1	玻璃	2.7~2.9
玻璃丝	0.17~0.21	锯木	0.25~0.34
玻璃绒	0.13	胶合板	0.62~0.84
矿渣棉	0.21~0.34	聚脂泡沫塑料	0.042~0.11

单层壁面所传导的热量 Q ，与平壁材料的导热系数、平壁两侧之间的温差、平壁面积和传热时间成正比，与平壁的厚度成反比，如图 1.4 所示。其代数表达式如下

$$Q = \frac{\lambda S Z (t_1 - t_2)}{\delta} \quad (\text{kJ})$$

式中， λ ——材料的导热系数， $\text{kJ}/(\text{m} \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C})$ ；

S ——平壁面积， m^2 ；

δ ——平壁厚度， m ；

Z ——传热时间， h ；

t_1 、 t_2 ——平壁两表面温度， $^\circ\text{C}$ 。

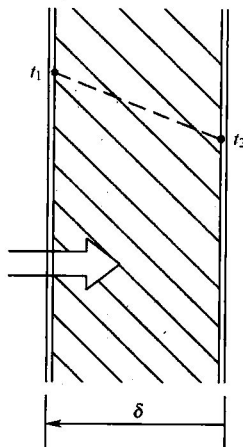


图 1.4 单层壁面热传导

2. 热对流

在气体或液体中，由于存在温度差、密度差和压力差而流动进行的热量传递称为热对流。热对流有自然对流和强迫对流。直冷式电冰箱箱内的空气，各处温度不同，重力不同，形成上下自然流动而传递热量，这是自然对流。间冷式电冰箱箱内，靠微型电风扇吹动空气循环，强迫其流动传递热量，达到降温的目的，这是强迫对流。

热交换发生在流体（气体和液体）与固体表面之间，热传导与热对流同时存在，这种情况称为对流换热。对流换热的换热量 Q ，与流体所接触固体壁面的面积成正比，与流体和固体壁面的温度差成正比。对流换热的强弱程度，通常以放热系数 α 表征， α 的单位是 $\text{kJ}/(\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C})$ 。影响放热系数大小的因素主要有：流体的流动速度、流体的性质（比热、



黏度、导热系数等)、固体的结构形状和尺寸大小等。由于影响放热系数的因素较多,使得放热系数 α 值变化较大,选用时要注意符合实际情况。放热系数 α 值可以从制冷手册中查得。

对流换热的换热量由下式计算

$$Q = \alpha S Z (t_1 - t_2)$$

式中, Q ——换热量, kJ;

α ——放热系数, $\text{kJ}/(\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C})$

S ——流体与固体接触面积, m^2 ;

Z ——换热时间, h;

t_1 、 t_2 ——流体、固体表面温度, $^\circ\text{C}$ 。

空调器散热采用强迫通风对流方式,它是靠风机强行通风将空调器盘管与肋片表面热量带到空气中去的。

3. 热辐射

热辐射是在物体之间互不接触的情况下,由一个物体将热能以电磁波的形式向外界辐射,传给另一个物体。如太阳传给地球的热能,就是以辐射的方式传递的。辐射热量的大小决定于两物体的温差及物质的性质等因素。物体表面越黑、越粗糙,发射和吸收的辐射能力越强。物体表面越白、越平滑,其辐射能力越弱。

1.5 空气的性质及处理方法

1. 空气的组成

自然界中的空气是由干空气和水蒸气组成的。所谓干空气就是氮、氧及稀有气体(氦、氖、氩、氪、氙等)组成的混合物。干空气的组成比例见表 1.7。

表 1.7 干空气的组成

气体名称	化学元素	质量百分比 (%)	体积百分比 (%)
氮	N_2	75.55	78.13
氧	O_2	23.10	20.90
氩	Ar	1.30	0.94
二氧化碳	CO_2	0.05	0.03

由于地球表面海洋、河流、湖泊占有很大面积,必然会有大量的水分蒸发为水蒸气进入大气中,所以自然界中的干空气是不存在的。自然界中的空气均称湿空气。

湿空气的物理性质是用一些称为状态参数的物理量来衡量的,其主要状态参数有温度、压力、湿度和焓等。

2. 空气的状态参数

(1) 空气的温度

空气的温度表示空气的冷热程度,一般用摄氏温标 $t(^{\circ}\text{C})$ 表示。

(2) 空气的压力

自然界中空气的压力就是大气压力，由于空气是干空气和水蒸气所组成的混合物，所以空气的压力为干空气压力与水蒸气压力之和。水蒸气压力的大小是反映空气中水蒸气数量的一个参数。

在空气中，水蒸气分子总是均匀分布在干空气的整个体积中，平常我们测得的温度既是干空气温度，也是水蒸气温度。因此在一定的容积中，水蒸气的体积与温度和空气的体积与温度相等。空气的质量等于干空气与水蒸气质量之和。

综上所述：干空气、水蒸气及湿空气三者之间的关系如下：

温度： $T=T_{\text{干}}=T_{\text{水蒸气}}$ ；容积： $V=V_{\text{干}}=V_{\text{水蒸气}}$ ；

质量： $m=m_{\text{干}}+m_{\text{水蒸气}}$ ；压力： $B=P_{\text{干}}+P_{\text{水蒸气}}$ 。

(3) 湿度

湿度是表示空气中含水量多少的物理量，有绝对湿度和相对湿度两种。绝对湿度其含义为 1kg 空气中含水量的克数，单位为 kg/m^3 或 g/kg 。相对湿度其含义是在某一温度时，空气中所含的水蒸气重量与同一温度下空气中的饱和水蒸气重量之百分比，以 RH 表示。在实际生活中，直接测定空气中所含水分的重量是困难的，空气中水分产生的压力在 100°C 以下的温区内与空气含水量成正比，从而可用空气中水蒸气产生的压力来表示空气中的绝对湿度。单位：Pa。

空气的绝对湿度与相对湿度的关系是：

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

不同温度下的饱和水蒸气压力参见表 1.8。

相对湿度越小，表示空气越干燥；相对湿度为 0，空气为干空气；相对湿度为 100%，空气为饱和空气。空气的相对湿度是利用湿度计测定的，常见的湿度计有露点湿度计、毛发湿度计和干湿球湿度计等。图 1.5 所示是其中的一种。

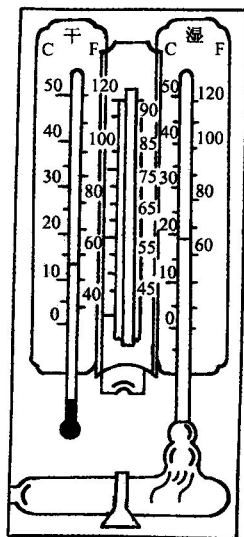


图 1.5 常见湿度计

表 1.8 不同温度下的饱和水蒸气压力

$t(^{\circ}\text{C})$	$p(\text{Pa})$	$t(^{\circ}\text{C})$	$p(\text{Pa})$	$t(^{\circ}\text{C})$	$p(\text{Pa})$	$t(^{\circ}\text{C})$	$p(\text{Pa})$
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		

(4) 焓

热能是物质分子所具有的动能与位能之和，而物质分子不论在何种状态下都不停地运动，所以物质总是含有一定的热能。所处的状态不同，所含的热能也不同。