

《 就业·创业·立业技能培训丛书 》

制冷工

快速入门

王亚龙 主编



就业指导 创业帮手 立业之本



国防工业出版社
National Defense Industry Press

就业·创业·立业技能培训丛书

制冷工快速入门

王亚龙 主编

国防工业出版社

·北京·

图书在版编目(CIP)数据

制冷工快速入门/王亚龙主编. —北京:国防工业出版社, 2007.4

(就业·创业·立业技能培训丛书)

ISBN 978-7-118-05005-9

I.制... II.王... III.制冷工程—技术培训—教材 IV.TB6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 021496 号

※

国防工业出版社 出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100044)

国防工业出版社印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 850×1168 1/32 印张 9 $\frac{1}{8}$ 字数 285 千字

2007 年 4 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—5000 册 定价 23.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店: (010)68428422

发行邮购: (010)68414474

发行传真: (010)68411535

发行业务: (010)68472764

《就业·创业·立业技能培训丛书》

编 委 会

编委会主任

长三角国家高技能人才培养中心主任
德国职业教育培训中国项目总监

马库斯·卡曼

编委会委员

长三角国家高技能人才培养中心
长三角国家高技能人才培养中心
长三角国家高技能人才培养中心
长三角国家高技能人才培养中心
长三角国家高技能人才培养中心
上海涂料研究所
江南大学机械学院
江苏华富电子有限公司
复芯微电子技术咨询公司
上海申宏制冷设备有限公司
上海旭菱电梯有限责任公司

夏祖印
刘春玲
郝友军
康志威
宋智斌
李群英
张能武
张 军
王吉华
王亚龙
徐 峰

序

随着我国工业化进程的加速、产业结构的调整和升级,经济发展对高质量技能人才的需求不断扩大。然而,技能人才短缺已是不争事实,并日益严重,这已引起中央领导和社会各界广泛关注。

面对技能人才短缺现象,政府及各职能部门快速做出反应,采取措施加大培养力度,鼓励各种社会力量倾力投入技能人才培养领域。同时,社会上掀起尊重技能人才的热潮,营造出一个有利于技能人才培养与成长的轻松、和谐的社会环境。

为认真贯彻党的十六届五中全会精神和《国务院关于大力推进职业教育改革与发展的决定》,适应全面建设小康社会对高素质劳动者和技能型人才的迫切要求,促进社会主义和谐社会建设,国防工业出版社特邀请长三角国家高技能人才培养中心组织有关专家编写了《就业·创业·立业技能培训丛书》。

该套丛书前期先出版《车工快速入门》、《钳工快速入门》、《焊工快速入门》、《铣工快速入门》、《钣金工快速入门》、《模具工快速入门》、《涂装工快速入门》、《电工快速入门》、《维修电工快速入门》、《电机维修快速入门》、《电梯维修快速入门》、《制冷工快速入门》等12本,后期将根据市场的需求陆续推出技术工人技能快速入门丛书,以飨读者。

本套丛书的编写以企业对人才需求为导向,以岗位职业技能要求为标准,以与企业无缝接轨为原则,以企业技术发展方向为依据,以知识单元体系为模块,结合职业教育和技能培训实际情况,注重学员职业能力的培养,体现内容的科学性和前瞻性。同时,在编写

过程中力求体现“定位准确、注重能力、内容创新、结构合理、叙述通俗”的特色,为此在编写中从实际出发,简明扼要,没有过于追求系统及理论的深度,突出“入门”的特点,使具有初中文化程度的读者就能读懂学会,稍加训练就可掌握基本操作技能,从而达到实用速成、快速上岗的目的。

本套丛书便于广大技术工人、初学者、爱好者自学,掌握基础理论知识和实际操作技能;同时,也可作为职业院校、培训中心、企业内部的技能培训教材。我们真诚地希望本套丛书的出版对我国高技能人才的培养起到积极的推动作用,能成为广大读者的“就业指导、创业帮手、立业之本”,同时衷心希望广大读者对这套丛书提出宝贵意见和建议。

丛书编写委员会

2007年1月于上海

前 言

机械制造的过程,是一个需要由铸、锻、车、铣、刨、磨、钳等工种协同配合的过程,而车工则是其中最重要、最普遍、需求量最大的工种。车削加工技术就是在车床上利用工件的旋转运动和刀具的直线运动来改变毛坯的形状和尺寸,把毛坯加工成符合图样要求的零件。随着乡镇和个体机械加工企业的发展,对车工的需求量也在急剧上升,帮助广大技术工人,特别是中青年技术工人尽快掌握车工的基本技能,本着提高实践技能和分析解决生产实际问题的能力的原则,我们组织编写了《车工快速入门》。

《车工快速入门》一书是根据《车工国家职业标准》的初、中级技术工人等级标准及职业技能鉴定规范编写的。本书系统地介绍了车床的基础知识和工艺准备,车削轴类工件、盘套类工件、圆锥面、螺纹、成形面、中等复杂工件的相关知识及车床其他加工方法,以及典型工件的车削加工实训,通过实例提供详细的车削加工工艺和加工方法,以加深理解,达到事倍功半的效果。本书可作为高职、高专、成人高校及本科院校举办的二级职业技术学院车工工艺及设备的实训教材,也可作为从事车床加工的技术人员和操作人员的培训教材,还可以供其他有关技术人员参考。本书在编写过程中参考了大量的图书出版物和企业培训资料,在此向上述作者和有关企业表示衷心地感谢和崇高敬意!

因编者水平有限,加上时间仓促,书中难免有错误和不妥之处,恳请读者批评指正。

编 者

2007年1月

目 录

第一单元 制冷工基础知识	1
课题一 热力学基础知识	1
一、气体基本状态参数	1
二、热力学基本定律	5
三、显热、潜热、比热容和制冷量	6
四、物质的状态变化	8
五、压-焓图的组成	12
课题二 传热学基础知识	14
一、热量传递方式	14
二、热导率	15
三、表面传热系数	16
四、传热系数	16
五、热扩散率	17
课题三 制冷基本工作原理	17
一、蒸气压缩式制冷装置工作原理	17
二、吸收式制冷工作原理	18
三、半导体制冷装置工作原理	19
第二单元 制冷设备	23
课题一 制冷剂、载冷剂和润滑油	23
一、制冷剂	23
二、载冷剂	34
三、润滑油	37
课题二 制冷压缩机	39
一、活塞式制冷压缩机	39

二、回转式制冷压缩机	52
课题三 冷凝器及蒸发器	56
一、冷凝器	56
二、蒸发器	65
第三单元 制冷设备的安装、调试及运行	76
课题一 制冷设备的安装	76
一、散装式制冷设备的安装	76
二、制冷管道安装	81
三、空调器的安装	94
课题二 制冷机组的调试	106
一、制冷压缩机的试运行	106
二、制冷系统的气密性试验	108
三、制冷剂的充注	112
课题三 制冷机组的操作与运行	118
一、启动操作	119
二、停止操作	122
三、运行操作	125
四、制冷系统的放空	128
五、热冲霜	131
六、制冷压缩机调配、转换及湿行程调整	133
第四单元 制冷设备的维修	135
课题一 常用维修设备、工具及其操作方法	135
一、常用工具	135
二、焊接操作技术	146
三、常用仪表的使用方法	151
四、常用管道工具的操作要领	152
课题二 空调器的维修	155
一、空调器维修基础	155
二、分体式空调器的维修	178
三、春兰系列空调器故障代码及检修方法	194
四、新科系统空调器故障代码及检修方法	200

课题三 电冰箱的维修	207
一、电冰箱常见故障的检查方法与流程	207
二、海尔系列电冰箱疑难故障速修实例	218
课题四 其他制冷设备的维修	231
一、冷藏箱的常见故障及维修方法	231
二、低温箱的常见故障及维修方法	236
三、全封闭式压缩机小型冷库疑难故障速修实例	240
第五单元 制冷作业安全技术及其管理	255
课题一 制冷作业安全技术	255
一、安全技术在制冷与空调作业中的意义	255
二、制冷与空调机房安全技术	256
三、压力窗口安全技术	263
四、冷藏库安全技术	267
课题二 制冷作业安全管理	273
一、制冷空调运行维护安全管理制度	273
二、制冷空调设备运行安全管理	275
制冷工初级工知识考试试题	283
制冷工初级工知识考试试题答案	287
制冷工中级工知识考试试题	290
制冷工中级工知识考试试题答案	294
参考文献	297

第一单元 制冷工基础知识

课题一 热力学基础知识

一、气体基本状态参数

自然界的物质的基本状态分为气态、液态和固态 3 种,它们在一定的条件下可以相互转化,而气体是物质基本状态中的一种。为了描述气体的各种特征,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,例如:温度(T)、压力(p)、质量体积(v)、焓(H)、熵(S)、内能(U)等。其中,温度、压力和质量体积是气体的基本状态参数。

1. 温度

(1) 温度的物理意义。任何物质都是由分子组成的,分子是独立存在的最小物质微粒。无论物质处于何种状态,分子之间始终存在着一定的间距,存在着相互作用力,而且始终在不断地运动。物质分子的平均运动速度大小决定了物质的温度。物质分子运动的速度越大,物质的温度越高;分子运动速度越小,则物质的温度越低。

温度实质上反映了物质分子热运动的剧烈程度,它是标志物体冷、热程度的尺度。

(2) 常用的 3 种温标。温度采用仪表测量时,为了测量准确一致,需要有衡量温度的标尺,称为温标。目前,在日常生活和制冷设备技术中常用的有摄氏温标、华氏温标和热力学温标 3 种。

① 摄氏温标(t)。摄氏温标又称为国标百度温标,单位是“ $^{\circ}\text{C}$ ”。它是以纯净的水在 1 个标准大气压下的冰点为零度,沸点为 100 度,其间分 100 个等份,每一等份定为 1 摄氏度,记做 1°C 。摄氏温标制为十进制,简单易算。摄氏温标为我国与俄罗斯等国采用。相应的温度计

为摄氏温度计。

② 华氏温标 (t_F)。华氏温标, 单位是 “°F”。它是以纯净的水在 1 个标准大气压下的冰点为 32 度, 沸点为 212 度, 其间分 180 等份, 每一等份定为 1 华氏度, 记做 1°F。因其分度较细, 故准确性较高, 但使用不便。华氏温标为英、美各国采用。相应的温度计为华氏温度计。

③ 热力学温标 (T)。热力学温标的单位是 “K”。它规定以纯水的三相点作为基点。为了便于记忆, 把纯净的水在 1 标准大气压下的冰点定为 273 度, 沸点为 373 度, 其间分 100 个等份, 每一等份为 1 开氏度, 记做 1K。在热力学中规定, 当物体内部分子的运动终止, 其热力学温度为零度, 即 $T = 0K$ 。

按国际规定: 无论使用哪一种温标, 当温度在零上时, 温度数值前面加 “+” 号 (可省略); 当温度在零下时, 温度数值前面加 “-” 号 (不可省略)。

(3) 3 种温标的换算。我国在制冷设备技术中使用摄氏温标和热力学温标, 某些进口设备的技术指标中则使用华氏温标制, 它们之间的关系如图 1-1 所示, 也可用数学手段导出。

数学换算关系如下:

$$t_F = (1.8t + 32) \quad (^\circ\text{F})$$

$$t = (t_F - 32) / 1.8 \quad (^\circ\text{C})$$

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

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

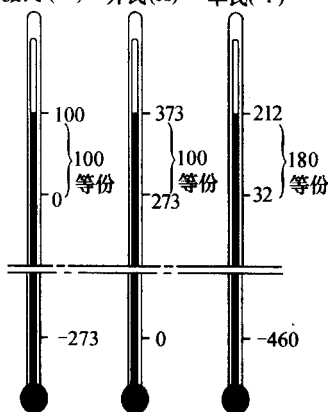


图 1-1 三种常用温标的比较

【例 1-1】室温为 25°C, 合多少华氏度? 合热力学温度为几开氏度?

解: $t_F = 1.8t + 32 = 1.8 \times 25 + 32 = 77 (^\circ\text{F})$

$T = (273 + t) = 273 + 25 = 298 (\text{K})$

答: 合华氏 77°F, 合热力学温度为 298K。

测量温度的装置有很多, 制冷工程中常用的有普通温度表 (计)、电

接点式温度计、电子温度计等。

2. 压力

在制冷工程上,压力是指单位面积所承受的垂直作用力,也称为压强,用 p 表示,单位为帕斯卡,简称帕(Pa),即

$$p = F/S$$

式中 p ——压力(Pa);

F ——作用力(N);

S ——作用面积(m^2)。

压力的单位还有以下几种表示:一种是以千克力表示,如千克力/厘米²(kgf/cm^2);一种是以液柱高度表示,如毫米水银柱高(mmHg)或毫米水柱高(mmH_2O);还有大气压(atm)和“巴”(bar)等。

各种压力单位的换算关系为

$$1 \text{ atm} = 101325 \text{ Pa}$$

$$1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa}$$

$$1 \text{ mmH}_2\text{O} = 9.80665 \text{ Pa}$$

$$1 \text{ mmHg} = 133.322 \text{ Pa}$$

$$1 \text{ kgf/cm}^2 = 980066.5 \text{ Pa}$$

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,它是以 1 大气压作为基准(0),即为被测气体的实际压力与当场大气压力的差值。如果压力比大气压力低时,就是负值,称为真空度(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。

绝对压力、表压力和真空度的关系如图 1-2 所示。

【例 1-2】 某设备的表压力 p_g 为 810600,折合绝对压力 p_a 为多少?

解: $p_a = p_o + p_g =$

$$101325 + 810600 = 911925$$

答:折合绝对压力 p_a 为 911925。

3. 质量体积

质量体积是指单位质量的制冷剂所占的体积,用 v 表示,其单位是 $\text{米}^3/\text{千克}(\text{m}^3/\text{kg})$ 或 $\text{升}/\text{千克}(\text{L}/\text{kg})$ 。制冷剂蒸气的质量体积是决定压缩机制冷量的重要参数。

质量体积是表示物质分子之间密集程度的物理量。对于气体而言,分子间距离大,质量体积也大,密集程度就小,可压缩性就大;反之,质量体积小,则分子间的密集程度大,可压缩性就小。

制冷设备技术还常用到质量体积的倒数——密度(ρ),即

$$v = 1/\rho$$

或

$$v \cdot \rho = 1$$

密度是指单位体积的制冷剂所具有的质量,单位为 kg/m^3 。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。

4. 焓与熵

(1) 焓。所谓焓就是物质在某种状态所持有的能量,即内能和动能之和。在制冷设备中,当制冷剂在蒸发器吸热时,其焓值增加;反之,制冷剂在冷凝器放热时,其焓值减少。同理,压缩机活塞向制冷剂做功时,其焓值就会增加;制冷剂蒸气在膨胀向外做功时,其焓值就会减少。制冷循环热量的变化用焓表示。焓用 H 表示,单位是热量单位,其关系如下:

$$H = U + Apv$$

式中 U ——内能;

A ——热功当量($\text{kJ}/(\text{kg} \cdot \text{m})$);

p ——压力(Pa);

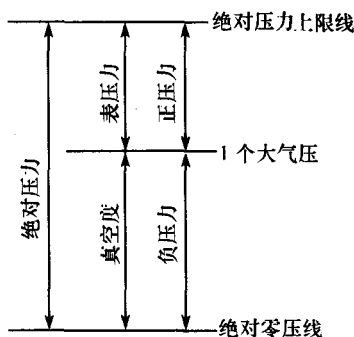


图 1-2 绝对压力、表压力和真空度的关系

v ——质量体积(m^3/kg)。

(2) 熵。熵是表征物质热力学状态变化的物理量,是外界加给物质的热量对该物质热力学温度的比值,用 S 表示。在制冷设备工程中,通常把 0°C 的饱和制冷剂液体的熵值定为 1。熵的单位是 $\text{J}/(\text{kg}\cdot\text{K})$ 。

熵与热量及温度的关系如下

$$S = q/T$$

式中 q ——物质所获得的热量(kJ/kg);

T ——物质在获得热量时的热力学温度(K)。

二、热力学基本定律

热力学基本定律是制冷工程的热力学基础。它阐明热能与机械能的转化、热能转化方向和必备条件。而物质的热(热量)则是能的一种表现形式,热只有在热能转移过程中才有意义。热量是物体吸热或放热多少的物理量。

1. 热力学第 1 定律

热力学第 1 定律告诉我们,热和功可以相互转换,一定量的热消失时必然产生一定量的功;消耗一定量的功,亦必然出现与之相对应的一定量的热。热和功之间的转换用下式表示:

$$Q = A \cdot L$$

式中 Q ——消耗的热量(J 或 kJ);

L ——得到的功($\text{kg}\cdot\text{m}$);

A ——热功当量($\text{kJ}/(\text{kg}\cdot\text{m})$)。

因为热量和功的计量单位不同,所以式中引入一个热功当量 A ,其值约为 $4.1868/427(\text{kJ}/(\text{kg}\cdot\text{m}))$ 。

热力学第 1 定律指出了热能和机械能在数量上的相互转化关系,它是能量守恒与转化定律在热力学中的具体体现。

2. 热力学第 2 定律

热力学第 2 定律告诉我们,热量能自动地从高温物体向低温物体传递,不能自动地从低温物体向高温物体传递。要使热量从低温物体向高温物体传递,必须借助外功,即消耗一定的电能或机械能。例如,

在制冷设备工程中,为了冷藏或冷冻食品,必须从低温物体(被冷冻对象)中吸收热,再把热能转移给高温物体(周围介质——水或空气),就需要在制冷机上消耗一定的机械能才能达到。

热力学第2定律指出了热、功转换的必备条件和方向。因此,人工制冷设备技术是建立在热力学第1定律和热力学第2定律基础上的一门技术。

三、显热、潜热、比热容和制冷量

1. 显热与潜热

(1) 显热。在物质吸热或放热过程中,仅使物质分子的动能增加或减少,即使物质的温度升高或降低,仍没有物质形态的变化,它所吸收或放出的热能称之为显热。例如,水吸热后温度由 20°C 升高至 35°C ,其温度变化所吸收的热即为显热。同样,水放热后温度由 35°C 降低至 20°C ,其温度变化所放出的热也称为显热。显热可以用触摸感觉出来,也可用温度计测出来。

(2) 潜热。在物质吸热或放热过程中,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能称之为潜热。例如,在常压下把水加热到沸点 100°C ,这时水吸收的热量潜热。同样, 100°C 的水蒸气,在常压下液化为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。

由于物质状态变化的种类不同,潜热的种类也不同,可以分为如表 1-1 所示的几种。

表 1-1 物质状态变化时的潜热种类

应吸收热量		应放出热量	
状态变化	潜热种类	状态变化	潜热种类
液体→气体	蒸发潜热	气体→液体	冷凝潜热
固体→液体	熔解潜热	液体→固体	凝固潜热
固体→气体	升华潜热	气体→固体	凝华潜热

实验证明:同一物质在不同压力下气化时所需的蒸发潜热是不同的,而同一物质在不同温度下气化时所需蒸发潜热也不同。一般说来,压力增高或气化温度降低均使蒸发潜热增大。

在制冷设备中的制冷剂一般选用潜热数值大的物质。因为制冷设备是利用制冷剂液体在蒸发时要吸收大量的热量来达到制冷目的的,这个热就是蒸发潜热。表 1-2 所列的是目前在制冷设备上用的几种制冷剂的蒸发潜热。

表 1-2 在制冷设备上用的几种制冷剂的蒸发潜热

氟里昂制冷剂	R12	R22	R114	R502
蒸发潜热(-20℃时)/(kJ/kg)	163.50	220.94	142.98	163.29
蒸发潜热(0℃时)/(kJ/kg)	151.10	206.96	137.96	150.02

2. 比热容

比热容(又称质量热容)是指 1g 某种物质温度升高 1℃时所吸收的热量。不同物质的比热容不同,它的法定计量单位是 J/(kg·K),常用单位为 kcal/(kg·℃)或 cal/(g·℃),一般可以从各种物理手册中查出。表 1-3 绘出了制冷技术中常用到的几种物质的比热容。

表 1-3 几种物质的比热容

物质	铜	钢	木材	空气	水	冰	R12 (30℃)	R22 (30℃)
比热容 /(kJ/kg·℃)	0.389	0.575	2.5	1.005	4.187	2.09	1.005	1.424

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容、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 ——比热容[J/(kg·K)];