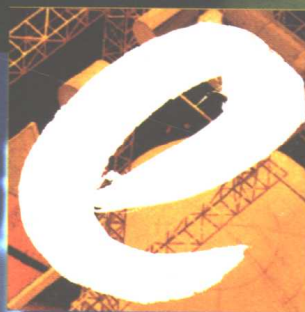




电子·教育



中等职业学校电子信息类教材 实用电子技术专业

制冷与制冷设备 技术 (第2版)

金国砥 编著



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

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

中等职业学校电子信息类教材(实用电子技术专业)

制冷与制冷设备技术

(第2版)

金国砥 编著

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书内容包括:制冷技术基础知识;制冷剂、润滑油和载冷剂的种类、性质及选用原则;检修工具及其基本操作方法;电冰箱、空调器和中小型冷库的结构原理、选用、安装及维护;常见故障分析和维修技术。本书安排了相应的技能训练和实情教学,每章末附有小结和习题,书末附有附表、附图可供读者参考。

本书可作为中等职业学校电子信息类教材,也适用于不同层次的维修技术人员自学。

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

制冷与制冷设备技术/金国砥编著. —2版. —北京:电子工业出版社,2002.7

中等职业学校电子信息类教材(实用电子技术专业)

ISBN 7-5053-7822-8

I. 制… II. 金… III. 制冷—专业学校—教材 IV. TB6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 051736 号

责任编辑:刘文杰 程超群 特约编辑:孙俊

印 刷:北京大中印刷厂

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:15 字数:384千字 插页:2

版 次:2002年7月第2版 2002年7月第1次印刷

印 数:6000册 定价:19.00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

前 言

随着科学技术的迅猛发展,制冷技术出现了日新月异的变化,并涌现出大量以高、精、尖技术为特征的新产品。面对制冷技术行业这种新变化和挑战,要求我们在中等职业学校技术教育制冷专业的教材编写上能适应这一时代的发展趋势,在遵循现代职业技术教育发展规律的基础上,走能力本位的职业教育之路,即在侧重于对学生技能、应用和操作的训练同时,培养学生的综合职业素质,以适应社会的需求。

本教材在上述精神的基础上,保留了本书第1版的系统性、科学性、实用性,除继续突出深入浅出,循序渐进并附有一定量图表等编写特点外,着重在以下几方面进行了改进。

第一,在教育目标上突出能力本位的职业教育思想,理论联系实际,以求适应就业需求。

第二,在教学内容上参照劳动部制定的技能鉴定标准,在行文中力求文句简练,通俗易懂,并采用图文并茂形式,以求其更具直观性。

第三,在体系结构上采用模块结构,使学生在在学习过程中更具连贯性、针对性和选择性,以求学生学得进,用得上。

本教材的参考教学时数为154学时。其主要内容包括:制冷技术基础知识;制冷剂、润滑油和载冷剂的种类、性质和选用原则;检修工具及其基本操作方法;电冰箱、空调器和中小型冷库的结构原理、选用、安装和维护;常见故障分析和维修技术。为了更好地指导教学,使理论与实际相结合,从第3章开始安排了相应的技能训练和实情教学内容。本书各章附有小结和习题,书末加了附表、附图以供读者参考。

本教材由浙江省杭州市中策职业高级中学金国砥同志编写,在改版过程中得到了王玉兰老师的大力支持和帮助。在编写过程中得到杭州市教委职教研究中心孙宝元、中策职业高级中学叶高炎、王炯等同志的大力支持和中策职业技能培训学校的帮助,在此表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,书中难免存在缺陷和不足,殷切希望专家和同行能不吝赐教,予以指正。

编 者
2002年5月

目 录

第 1 章 概述	(1)
1.1 制冷的物理意义及研究内容	(1)
1.2 制冷技术在国民经济各部门中的应用	(1)
1.3 我国的制冷技术	(3)
小结	(3)
习题	(4)
第 2 章 基础知识	(5)
2.1 热力学基础	(5)
2.1.1 表征物理状态的基本参数	(5)
2.1.2 热力学基本定律	(8)
2.1.3 常用术语	(8)
2.1.4 压-焓图及其应用	(12)
2.2 传热学基础	(14)
2.3 制冷的基本原理	(17)
2.3.1 制冷方式及其原理	(17)
2.3.2 制冷条件	(18)
2.4 制冷剂、润滑油和载冷剂	(18)
2.4.1 制冷剂	(18)
2.4.2 润滑油	(23)
2.4.3 载冷剂	(25)
小结	(27)
习题	(28)
第 3 章 检修工具及材料	(30)
3.1 通用工具及材料	(30)
3.2 专用工具及使用方法	(31)
3.2.1 方榫扳手	(31)
3.2.2 切管器	(31)
3.2.3 扩口器	(31)
3.2.4 冲头	(32)
3.2.5 弯管器	(32)
3.2.6 卤素检漏灯	(33)
3.2.7 接头修整器	(33)
3.2.8 夹扁工具	(33)
3.2.9 速换接头与光管接头	(34)
3.2.10 三通换向阀	(35)
3.3 测量仪表及使用方法	(35)
3.3.1 温度计	(35)

3.3.2	压力表和真空压力表	(37)
3.3.3	万用表	(37)
3.3.4	钳形电流表	(38)
3.3.5	兆欧表	(39)
3.4	焊接设备及使用	(39)
3.4.1	气焊设备	(39)
3.4.2	电焊设备	(40)
3.4.3	锡焊设备	(40)
小结	.....	(41)
习题	.....	(41)
技能训练 1	胀扩喇叭口	(42)
技能训练 2	弯管制作	(42)
技能训练 3	铜管的套接	(43)
第 4 章	电冰箱、空调器与中小型冷库的结构与原理	(44)
4.1	电冰箱的结构与原理	(44)
4.1.1	电冰箱的基本组成	(44)
4.1.2	电冰箱的结构形式	(45)
4.1.3	电冰箱的制冷原理	(47)
4.2	空调器的结构与原理	(48)
4.2.1	空调器的基本组成	(48)
4.2.2	空调器的结构形式	(48)
4.2.3	空调器的制冷(热)原理	(51)
4.2.4	变频空调器的特点和基本控制原理	(52)
4.3	中小型冷库的结构与原理	(53)
4.3.1	冷库的基本组成	(53)
4.3.2	冷库的结构形式	(53)
4.3.3	冷库的制冷循环	(56)
小结	.....	(58)
习题	.....	(58)
实情教学 1	参观电冰箱厂	(59)
实情教学 2	参观空调器厂	(59)
实情教学 3	参观中小型冷库	(60)
第 5 章	电冰箱、空调器与中小型冷库的制冷系统及其主要部件	(61)
5.1	制冷系统的基本组成与工作	(61)
5.1.1	制冷系统的基本组成	(61)
5.1.2	制冷循环工作过程	(61)
5.2	压缩机的结构和修理	(62)
5.2.1	压缩机的功用和分类	(62)
5.2.2	压缩机的主要结构	(63)
5.2.3	压缩机的工作原理	(67)
5.2.4	压缩机的常见故障	(68)
5.2.5	压缩机的修理	(69)
5.3	换热器的结构和修理	(73)
5.3.1	换热器的功用和分类	(73)

5.3.2	换热器的主要结构	(73)
5.3.3	换热器的工作原理	(75)
5.3.4	换热器的常见故障	(76)
5.3.5	换热器的修理	(76)
5.4	过滤装置的结构和修理	(77)
5.4.1	过滤装置的功用和分类	(77)
5.4.2	过滤装置的主要结构	(77)
5.4.3	过滤装置的常见故障和修理	(78)
5.5	减压元件的结构和修理	(78)
5.5.1	减压元件的功用和分类	(78)
5.5.2	减压元件的主要结构	(78)
5.5.3	减压元件的工作原理	(79)
5.5.4	减压元件的常见故障和修理	(80)
小结	.....	(81)
习题	.....	(81)
实情教学 4	参观压缩机生产厂或压缩机修理厂	(82)
技能训练 4	半封闭式或开启式压缩机的拆装	(82)
技能训练 5	全封闭式压缩机的拆装	(83)
第 6 章	制冷系统维修操作技能	(85)
6.1	焊接操作	(85)
6.1.1	铜管与铜管的焊接	(85)
6.1.2	铜管与钢管的焊接	(86)
6.1.3	毛细管与干燥过滤器的焊接	(87)
6.1.4	毛细管与蒸发器的焊接	(87)
6.2	检漏操作	(87)
6.2.1	目测检漏	(87)
6.2.2	肥皂水检漏	(88)
6.2.3	浸水检漏	(88)
6.2.4	卤素灯检漏和电子卤素检漏仪检漏	(88)
6.3	抽真空操作	(89)
6.3.1	低压单侧抽真空	(89)
6.3.2	高低压双侧抽真空	(89)
6.3.3	二次抽真空	(89)
6.4	清洗操作	(90)
6.4.1	管路的清洗	(90)
6.4.2	换热器(冷凝器、蒸发器)的清洗	(90)
6.4.3	空冷式冷凝器的外表面清洗	(91)
6.5	充注制冷剂操作	(91)
6.5.1	制冷剂充注量的确定	(91)
6.5.2	制冷剂的充注操作	(92)
6.6	添加润滑油操作	(93)
6.6.1	开启式压缩机添加润滑油的方法	(93)
6.6.2	封闭式压缩机添加润滑油的方法	(93)
6.7	制冷系统的常见故障及排除方法	(94)

6.7.1 冰堵故障及排除方法	(94)
6.7.2 脏堵故障及排除方法	(94)
6.7.3 泄漏故障及排除方法	(94)
小结	(97)
习题	(98)
技能训练 6 制冷系统管路接头的焊接	(98)
技能训练 7 制冷系统的检漏	(99)
技能训练 8 制冷系统的抽真空和充灌制冷剂	(100)
第 7 章 电冰箱、空调器与中小型冷库的电气控制系统及其主要部件	(101)
7.1 压缩机电机与风扇的结构和修理	(101)
7.1.1 压缩机电机的结构与原理	(101)
7.1.2 压缩机电机的修理	(104)
7.2 温度控制器件的结构和修理	(106)
7.2.1 温度控制器件的结构与原理	(106)
7.2.2 温度控制器件的修理	(110)
7.3 启动保护装置的结构和修理	(110)
7.3.1 启动保护装置的结构与原理	(110)
7.3.2 启动保护装置的修理	(113)
7.4 继电器、电加热器的结构和故障排除	(114)
7.4.1 压力继电器的结构和故障排除	(114)
7.4.2 压差继电器的结构和故障排除	(115)
7.4.3 交流接触器、中间继电器与热继电器的结构和故障排除	(116)
7.4.4 电加热器的结构和故障排除	(119)
7.5 电磁换向阀的结构和故障排除	(120)
7.5.1 电磁换向阀的结构与原理	(121)
7.5.2 电磁换向阀的使用和常见故障排除	(121)
7.6 控制电路及其分析	(122)
7.6.1 电冰箱的电气控制电路	(122)
7.6.2 空调器的电气控制电路	(125)
7.6.3 中小型冷库的控制电路	(129)
小结	(132)
习题	(133)
技能训练 9 压缩机、电动机绕组的判定	(133)
技能训练 10 三相异步电动机的使用和性能测试	(134)
技能训练 11 电冰箱或空调器控制及保护器件性能测试	(136)
第 8 章 通风系统及其主要部件	(138)
8.1 通风系统的组成与工作	(138)
8.1.1 通风系统的组成	(138)
8.1.2 通风系统各部分的工作情况	(138)
8.2 风扇和风扇电动机的结构、原理与维护	(139)
8.2.1 离心式风扇的结构与工作原理	(139)
8.2.2 轴流式风扇的结构与工作原理	(140)
8.2.3 风扇电动机的特点	(140)
8.3 风道与空气过滤器	(141)

8.3.1	风道与风门	(141)
8.3.2	空气过滤器	(142)
8.4	通风系统的常见故障及修理	(143)
8.4.1	通风系统的常见故障	(143)
8.4.2	通风系统故障的修理	(144)
小结	.....	(144)
习题	.....	(145)
实情教学 5	观察窗式空调器的通风循环系统	(145)
技能训练 12	风扇及风扇电动机的安装	(146)
第 9 章	电冰箱、空调器、中小型冷库的选用、安装与维护	(147)
9.1	电冰箱的选购、放置、使用与维护	(147)
9.1.1	电冰箱的选购	(147)
9.1.2	电冰箱的放置和安全使用	(148)
9.1.3	电冰箱的维护	(151)
9.2	空调器的选购、安装、使用与维护	(152)
9.2.1	空调器的选购及检查	(152)
9.2.2	空调器的安装	(156)
9.2.3	空调器的使用和保养	(159)
9.3	中小型冷库的选用、安装与维护	(165)
9.3.1	中小型冷库的选用与安装	(165)
9.3.2	中小型冷库的维护管理	(170)
小结	.....	(171)
习题	.....	(171)
实情教学 6	电冰箱的现场检查	(172)
技能训练 13	窗式空调器的安装	(172)
技能训练 14	分体式空调器的安装	(175)
第 10 章	电冰箱、空调器、中小型冷库常见故障的分析与处理	(179)
10.1	检查故障的基本方法	(179)
10.2	电冰箱的常见故障及维修实例	(179)
10.2.1	电冰箱常见故障及排除方法	(179)
10.2.2	电冰箱维修实例	(182)
10.3	空调器的常见故障及维修实例	(186)
10.3.1	空调器常见故障及排除方法	(186)
10.3.2	空调器维修实例	(190)
10.4	中小型冷库的常见故障及维修实例	(193)
10.4.1	中小型冷库常见故障及排除方法	(193)
10.4.2	中小型冷库维修实例	(195)
小结	.....	(196)
习题	.....	(196)
技能训练 15	电冰箱电气系统的拆装训练	(196)
技能训练 16	空调器制冷系统的故障与排除	(197)
技能训练 17	空调器电气系统的故障与排除	(198)
技能训练 18	空调器通风系统的故障与排除	(199)

附录	(200)
附录 A 制冷设备维修工应知应会	(200)
附录 B 制冷工程常用单位换算	(205)
附录 C 制冷剂饱和热力性质表	(208)
附录 D 自然对流时干、湿球温度差与相对湿度 φ 的关系	(218)
附录 E 通风干、湿球温度差与相对湿度 φ 的关系	(219)
附录 F 浅谈制冷设备的发展趋势	(220)
附录 G 部分地区室外气象参数	(223)
附录 H 食品含热量(kcal/kg)	(226)
附图 A 湿空气 $H-d$ 图	
附图 B 氨的 $\lg p-H$ 图	
附图 C 氟里昂 12 $\lg p-H$ 图	
附图 D 氟里昂 22 $\lg p-H$ 图	

第 1 章 概 述

所谓“制冷”是指用人为的方法不断地从冷却对象排热到周围环境介质(一般指空气和水)中去,而使被冷却的对象达到比周围环境介质更低的温度,并且在所需要的时间内维持所规定的温度的过程。

1.1 制冷的物理意义及研究内容

在自然界,热量总是从温度高的物体传向温度低的物体或者从物体的高温部分传向低温部分,这就是自然冷却的规律。自然冷却的程度受周围介质温度的影响,冬天可以将物体自然冷却到较低的温度,而在夏天,冷却达到的极限温度就较高。要想把某物体的温度降低于它周围介质的温度之下,只能借助于人工冷却的方法。

冷却就是除去物体的热量。冷却过程中常伴随着温度的降低。

制冷技术是研究人工冷却的一门科学,其研究范围包括制冷过程,制冷过程热力学原理和传热原理以及制冷机器与设备的构造、性能、操作与维修等技术。

按照生产、科研或生活上的需要和制冷所达到的低温范围,制冷又可以分为以下几种类型:

普通制冷	120K 以上
深度制冷(简称深冷)	120 K ~ 20 K
低温制冷	20 K ~ 0.3 K
超低温制冷	0.3 K 以下

由于低温范围不同,所使用的工质、机器设备、采取的制冷方式及其所依据的原理有很大的差别。

本教材主要涉及普通制冷的领域。

1.2 制冷技术在国民经济各部门中的应用

制冷最早是用来保存食品和调节一定空间的温度。制冷技术发展到今天,它的应用已渗透到国民经济的各个部门及人们的日常生活中。

1. 制冷技术在商业、食品工业中的应用

制冷技术主要对易腐食品——鱼、肉、蛋、果类、蔬菜等进行冷加工、冷藏及冷藏运输,以减少生产和分配中的食品损耗,保证各个季节市场的均衡销售。现代化的食品工业,从食品生产、储运到销售已经形成一条完整的冷链。所采用的制冷装置有冷库、冷藏汽车、冷藏船以及冷藏列车等。另外,还有供食品零售商店、食堂、餐厅等用的商业冷藏柜,各类冷饮设备和各种带有制冷设备的商品陈列柜。

2. 制冷技术在化学、制药工业中的应用

利用冷却方法液化蒸气和其他气体,浓缩或分离混合的液体或气体、盐类的结晶等。

3. 制冷技术在医疗卫生中的应用

冷冻治疗在临床中的广泛应用,如白内障、扁桃腺的切除手术及低温麻醉等,均需要制冷技术。除了低温保存药品外,还用冻结真空干燥法保存血液及皮肤等。

4. 制冷技术在人民日常生活中的应用

制冷技术除提供家用电冰箱、冷藏柜、低温冷藏箱外,还为人们生活和工作创造舒适环境提供设备,例如,宾馆、剧场、地下铁道、大型公共建筑、汽车、办公室、居民住宅等的空调设备。

5. 制冷技术在科学研究中的应用

如研究低温对某种物质的影响,低温对隔热建筑材料、金属材料、橡胶制品等的作用,研究某些发动机在低温条件下的工作状况,检查低温条件下各种航空仪表的正确性以及各种科研工作中所需的低温试验室。

6. 制冷技术在其他方面的应用

- (1)钢铁热处理中的低温处理;
- (2)矿井中的冻土护壁;
- (3)建筑中的冻土法开采土方;
- (4)农业中利用低温培植技术培育出耐寒新品种;
- (5)体育运动的人造滑冰场等。

制冷技术在国民经济的各方面及人们日常生活中的应用范围见表 1-1。

表 1-1 制冷技术的应用

温 度		应 用 范 围
K	°C	
300 ~ 273	27 ~ 0	热泵、制冷装置
273 ~ 263	0 ~ - 10	冷藏运输、运动场滑冰装置
263 ~ 240	- 10 ~ - 33	冷冻运输、食品长期保鲜
240 ~ 223	- 33 ~ - 50	矿井工作面冻结、滚动装置的无滑冻结
233 ~ 200	- 50 ~ - 73	制取干冰、低温环境实验室
200 ~ 150	- 73 ~ - 123	乙烷乙烯的液化、低温医学生物学
150 ~ 100	- 123 ~ - 173	天然气液化
100 ~ 50	- 173 ~ - 223	空气液化、空气分离
50 ~ 20	- 223 ~ - 253	氮和氢的液化、宇航空间环境模拟
20 ~ 4	- 253 ~ - 269	超导、氮液化
4 ~ 10 ⁻⁶	- 269 ~ - 273.15	测量技术、物理研究

1.3 我国的制冷技术

我国是一个文明古国。勤劳、勇敢的我国劳动人民,在古代就有许多发明创造,曾为人类社会的进步做出了卓越的贡献。早在三千年前的周朝,我国人民就知道利用天然冰块来冷藏食品和制作清凉饮料。《诗经》中曾这样描写当时奴隶储冰劳动的情景:“二之日凿冰冲冲,三之日纳入凌阴。”古代的凌阴,即指冰窖。汉朝的《周礼》中就记载了周朝有专管冰的凌人官吏。随着封建社会取代奴隶社会,社会前进了一大步,天然用冰制冷技术也有了发展。《汉书·艺文志》上载道:春秋时期,秦国皇家造有一座冰宫,冰宫中的大立柱是用铜管制作的,每逢夏天,在每根铜柱中放入冰块,用以降低宫庭温度。魏国曹植在《大暑赋》中曾有这样的诗句:“积素冰于幽馆,气飞积而为霜。”这表明我国古代已懂得应用冰来调节室内温度。秦汉以后,冰的应用范围逐渐扩大。在唐朝,长安市场出现了冷饮。《唐摭言》云:“蒯人为商,卖冰于市。”那时有名的“槐叶冷淘”就是用槐叶汁加砂糖经冰镇制成的。诗人杜甫食后诗兴大发,赞叹道:“青青高槐叶,采摘付中厨,经齿冷于雪,劝人投此珠。”元朝初,意大利著名旅游家马可·波罗曾来我国长期居住,并把冷饮生产技术带回意大利,传向欧洲。

由于天然冰在采集、保存、使用等环节存在种种限制,促使了人们对人工制冷的研究。1755年,化学教授库仑在爱丁堡利用乙醚蒸发制出了冰。他的学生布拉克又从本质上解释了融化和汽化现象,导出了潜热的概念。美国发明家波尔斯1834年在伦敦造出了第一台以乙醚为工质的蒸气压缩机,之后,卡列和林德又以氨代替了乙醚。从1910年冰箱的问世,到1930年氟利昂制冷工质的出现和氟利昂制冷机的使用……制冷技术有了突破性的进展。

照理说,我国古代劳动人民所开创的应用天然冰制冷技术应逐步向人工制冷方面发展。但是,由于我国长期的封建统治束缚了人们的手脚,禁锢着变革步伐,阻碍了我国制冷技术的发展,且延续至半封建半殖民地的国民党统治时期。当时,我国仅上海、天津、汉口、南京几个城市有少数冷库,总库容量也不过三千吨,还大都掌握在外国资本家手中,成为他们掠夺中国农副产品的据点。上海仅有的几家小“冰箱厂”也只能依靠进口设备、零件,搞些修修补补,为官僚买办、剥削阶级服务。至于制冷专业教育和科学研究,则完全空白。

解放后,在中国共产党领导下,我国制冷事业得到迅速发展。制冷设备制造工业从无到有,从小到大,从仿制到自行设计,不断地茁壮成长。我国从1954年起制造出制冷机,到1958年已有很大发展。20世纪60年代,我国各大城市都建立了制冷机厂。1964年我国制冷工业开始走上自行设计的道路,有5种缸径的活塞式制冷压缩机22个品种,最大标准制冷量为每小时44万千卡。全封闭式压缩机系列的设计工作、蒸喷式制冷机的制作、溴化锂吸收式制冷机的设计试制和空调机的研制等都有了很大的进展,形成了一定的生产规模。

尽管如此,还需指出的是,制冷与制冷设备技术在我国还是一门年轻的学科,与先进国家相比仍有不少差距,要赶上世界先进水平的任务极为艰巨。

小 结

(1) 所谓“制冷”即人工制冷,是指用人为的方法不断地从冷却对象排热到周围介质中去,并使其在所需要的时间内维持所规定的温度的过程。

(2) 制冷与制冷技术目前已广泛地应用于食品、化学、纺织、医药、科研、生活等各个部门,

是与人类现代社会密切相关的一门学科。

(3) 我国是一个文明古国,远在古代人们就懂得利用天然冰、雪储存食物和制作冷却饮料。由于社会和社会生产力等因素的影响,我国的制冷技术在旧社会发展缓慢,经历了一个漫长的时间。1958年以后,伴随科学技术的进步和工农业生产的迅速发展,我国的人工制冷技术在国民经济和人民生活起着越来越重要的作用。

习 题

- 1.1 谈谈你对“制冷”的认识。
- 1.2 什么叫冷却?它与人工制冷有何区别?

第2章 基础知识

制冷技术是研究获得低温的方法及其机理和应用的科学技术。电冰箱、中小型冷库之所以能够用来冷冻与冷藏食品,空调器之所以能够用来调节空气的温度与湿度,就是因为在这些设备中装置了蒸气压缩式制冷循环系统,而蒸气压缩式制冷循环系统实现人工制冷的过程是以热力学、传热学为基础的。为了能够深入地理解电冰箱、空调器及中小型冷库的工作原理及其维修方法,掌握一定的制冷技术的基础知识是十分必要的。

2.1 热力学基础

2.1.1 表征物理状态的基本参数

在电冰箱、空调与冷库中获得低温的方法很多,总体上可分为物理方法和化学方法两类。目前,在制冷技术中多采用物理方法。物理方法制冷是运用物质的物理变化来实现的,我们把这些物质称做制冷剂或制冷工质。

制冷剂在制冷系统中不断地进行状态变化,即处于各种不同的热力状态。用以描述制冷剂热力状态的宏观物理量称为热力状态参数,简称状态参数。状态参数有温度(T)、压力(p)、质量体积(v)、焓(H)、熵(S)、内能(U)等,其中温度、压力和质量体积三个参数又称为制冷剂的热力状态的基本参数,简称基本参数。

1. 温度

温度是表示物体冷、热程度的物理量,是大量分子移动的动能平均值的标志。所有的气体、液体、固体都具有热。热度的数量表示就叫温度。

温度采用仪表测量时,为了使温度的测量准确一致,需要有衡量温度的标尺(称温标),规定测量温度的基点和测量单位。目前,在日常生活和制冷技术中常用的是摄氏温标制、华氏温标制和热力学温标制三种。

摄氏温标 t ,又叫国标百度温标,单位是“ $^{\circ}\text{C}$ ”。它是以纯净的水,在一个标准大气压下的冰点为0度,沸点为100度,其间分100个等份,每一等份定为摄氏一度,记做 1°C 。摄氏温标制为十进制,简单易算。我国与俄罗斯等国多采用这种温标制。相应的温度计为摄氏温度计。

华氏温标 F (非法定单位),单位是“ $^{\circ}\text{F}$ ”。它是以纯净的水,在一个标准大气压下的冰点为32度,沸点为212度,其间分180等份,每一等份定为华氏一度,记做 1°F 。因其分度较细,故准确性较高,但使用不便。英美各国仍采用这种温标制。相应的温度计为华氏温度计。

热力学温标 T ,是国际制温标,单位是K。它规定以纯水的三相点作为基点。为了便于记忆,将纯净的水在一个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,每一等份为开氏一度,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 $T=0\text{K}$ 。

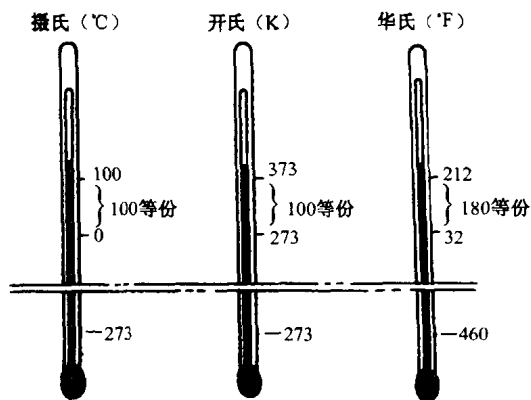


图 2-1 三种常用温标的比较

按国际规定,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)。三种温标的比较如图 2-1 所示。

三种温标制,由于在制冷技术中常需应用,可采用数学手段导出,它的换算关系如下:

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

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

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

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

【例题 2-1】 室温为 25°C ,合华氏多少度?

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

答:合华氏 77°F 。

【例题 2-2】 某冷库的室温为 14°F ,合摄氏多少度?

解: $t = (F - 32)/1.8 = (14 - 32)/1.8 = -10 \text{ (}^\circ\text{C)}$

答:合摄氏 -10°C 。

【例题 2-3】 设低温箱的箱温降至摄氏 -40°C ,求此时箱温的热力学温度为多少 K?

解: $T = t + 273 = (-40) + 273 = 233 \text{ (K)}$

答:此时箱温的热力学温度为 233K 。

测量温度所使用的温度计种类很多,制冷工程中常用的有玻璃温度计、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等。

2. 压力

在空调、制冷工程中,压力是指单位面积所承受的垂直作用力,也叫压强,用 p 表示。由分子物理学可知,气体的压力是由于大量气体分子在无规则运动中对容器壁进行频繁撞击所产生的。压力的国际单位是帕(帕斯卡)Pa,或者牛顿/米²(N/m^2),它表示每平方米面积上所受的垂直作用力为 1 牛顿,即

$$p = F/S$$

式中 p ——压力 (Pa);

F ——作用力 (N);

S ——作用面积 (m^2)。

另外,国标限制使用的压力单位有大气压(atm)和“巴”(bar)表示;千克力,如千克力/厘米²(kgf/cm^2);液柱高度,如毫米水银柱高(mmHg)或毫米水柱高(mmH_2O)。

各种压力单位的换算关系为:

$$1 \text{ atm} = 101\,325 \text{ Pa}$$

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

$$1 \text{ mmH}_2\text{O} = 9.806\,65 \text{ Pa}$$

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

$$1 \text{ kgf}/\text{cm}^2 = 98\,066.5 \text{ Pa}$$

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,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

$$p_a = p_0 + p_g$$

式中 p_a ——绝对压力;
 p_0 ——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 2-2 所示。

【例题 2-4】 某设备的表压力 p_g 为 810600 Pa,折合绝对压力为多少 Pa?

解: $p_a = p_0 + p_g = 101325 + 810600 = 911925(\text{Pa})$

答:折合绝对压力为 911925Pa。

【例题 2-5】 测得某系统的真空度为 400mmHg,当地大气压力为 760 mmHg,求该系统的绝对压力为多少 Pa?

解: $p_a = p_0 + p_g = 760 + (-400) = 360(\text{mmHg}) \approx 47995.92 \text{ kPa}$

答:该系统的绝对压力约为 47995.92 kPa。

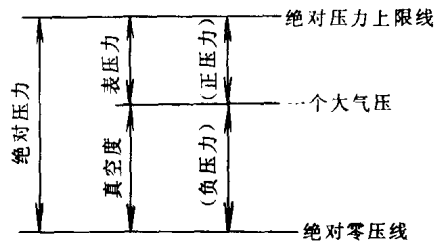


图 2-2 绝对压力、表压力和真空度的关系

3. 质量体积

质量体积是指单位质量的制冷剂所占的容积,用 v 表示,其单位是米³/千克(m^3/kg)或升/千克(L/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。例如,1kg 氟利昂 12,在标准状态下(绝对压力为 101 325 Pa,温度为 0℃),其蒸气的容积是 155.97 L,它的质量体积则为 155.97 L/kg;其液体的容积是 0.6727 L,质量体积为 0.6727 L/kg。

质量体积是物质分子之间密集程度的物理量。对于气体而言,分子间距离越大,质量体积也越大,密集程度越小,可压缩性就大;反之,质量体积小则分子间的密集程度大,可压缩性小。

制冷技术还常用质量体积的倒数——密度(ρ)表示,即

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

密度是指单位容积的制冷剂所具有的质量,单位为 kg/m^3 。例如,1kg R_{12} 在标准状态下,蒸气密度为 $6.411\text{kg}/\text{m}^3$,其液体的密度为 $1486.5\text{kg}/\text{m}^3$ 。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。

4. 焓、熵和热力学能

焓和熵是制冷热力计算中经常用到的状态参数。焓 H 是制冷剂能量的表征,当加热制冷剂时,其焓值增加,如压缩机活塞向制冷剂做功时,其焓值就会增加;反之,制冷剂冷却时,其焓值会减少;制冷剂蒸气在膨胀向外做功时,其焓值也会减少。焓是物体在某种状态下所具有能量的总和。熵 S 和焓 H 一样,是个状态参数,它是一个导出的状态参数,没有具体的物理意义。如果把焓看成为“含热量”,那么熵可表现制冷剂状态变化时其热量传递的程度,或者说,