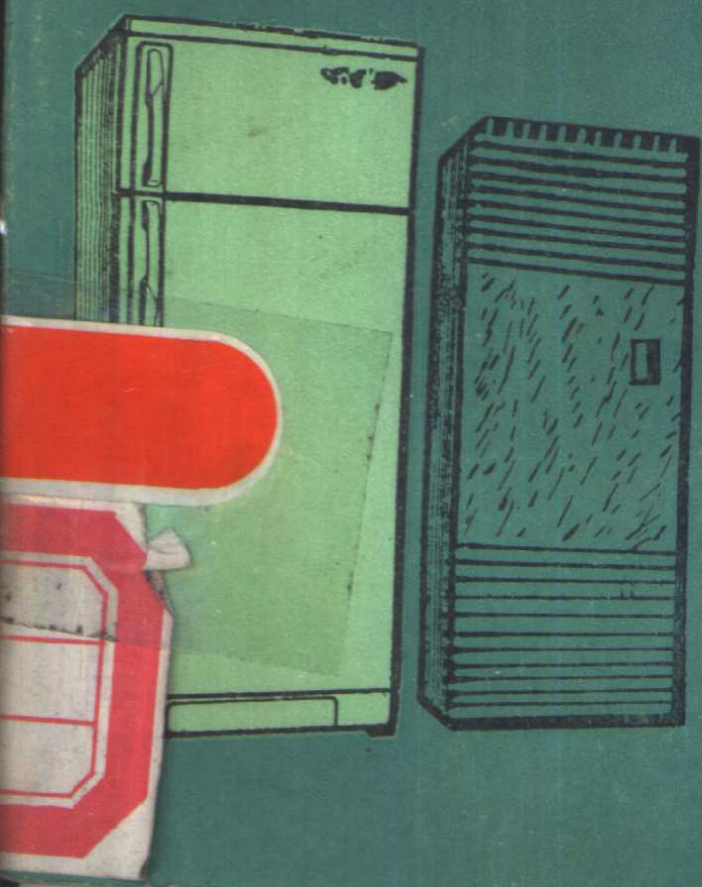


职业技术教育选用教材

电冰箱与空调器原理

北京市成人教育学院 编



北京出版社

TM 925
1005

职业技术教育选用教材

电冰箱与空调器原理

北京市成人教育学院 编

北 京 出 版 社

TM 925
1005

职业技术教育选用教材
电冰箱与空调器原理
北京市成人教育学院 编

北京出版社出版
(北京北三环中路6号)

新华书店北京发行所发行
北京印刷一厂印刷

85755
~ 57

850×1168毫米 32开本 7.25印张 175.000字

1987年11月第1版 1987年11月第1次印刷

印数 1—19,000

222

ISBN 7-200-00408-1/TN·8

书号: 15071·100 定价: 2.05元

前 言

《电冰箱与空调器的原理》是为适应当前家用电器和第三产业发展形势，满足职业技术教育的教学需要，由我院组织编写的选用教材。

本书力求避免烦琐的数学推导，通过实例阐述原理和计算。文字叙述由浅入深，通俗易懂，各章之后编有习题，便于自学。本书为提高读者解决问题的能力，突出了维修原理和故障分析，并且附有参考资料和产品简介表。

本书适合具有高中文化知识的读者使用，可以作为职工中专和职业高中的专业教学用书，也可以作为维修人员和业余爱好者的自学教材以及军地两用人材的培训教材。

书中介绍了蒸气压缩式制冷原理；压缩机的结构原理，主要性能；冷凝器和蒸发器以及节流器的作用原理；电冰箱和空调器的种类、工作原理、故障分析及新知识、新产品等内容。

本书由刘东同志主编，颜永树同志参加第五章和第十二章的编写。来立群、杨树声同志审订。

由于时间和水平所限，缺点和不足在所难免，恳请批评指正。

北京市成人教育学院

一九八六年六月

ABD 51/02

目 录

第一章 概 述	(1)
第二章 基础知识	(4)
2-1 表示物质状态的基本参数	(4)
2-2 热和功, 热力学第一定律	(7)
2-3 显热和潜热	(9)
2-4 焓和熵	(11)
2-5 饱和蒸气、饱和温度与饱和压力	(12)
2-6 蒸发与冷凝	(14)
2-7 压—焓图	(15)
2-8 热力学第二定律	(17)
第三章 蒸气压缩式制冷原理	(20)
3-1 蒸气压缩式制冷原理	(20)
3-2 制冷剂在制冷循环中的状态变化	(20)
3-2.1 制冷剂在低压侧的变化	(21)
3-2.2 制冷剂在高压侧的变化	(22)
3-2.3 制冷剂在压缩机中的压缩	(23)
3-2.4 制冷剂在膨胀伐 (或毛细管) 中节流	(24)
3-2.5 压—焓图上表示的制冷循环	(24)
3-3 制冷循环的热和功	(25)
3-4 制冷循环的制冷系数	(27)
3-5 制冷负荷与制冷机的制冷量	(32)
3-6 制冷剂和冷冻油	(34)
3-6.1 对制冷剂的要求	(34)

3-6.2 常用的几种制冷剂·····	(35)
3-6.3 冷冻油·····	(39)
3-6.4 氟制冷剂与冷冻油的关系·····	(40)
3-6.5 氟制冷剂与水的关系·····	(42)
3-6.6 氟制冷剂的检漏·····	(43)
3-7 制冷剂的循环量·····	(44)
3-8 制冷机的热力计算·····	(45)
3-8.1 箱体漏热负荷计算·····	(45)
3-8.2 贮存物品热负荷的计算·····	(48)
3-8.3 换气热负荷的计算·····	(48)
3-8.4 运行中其他热负荷计算·····	(49)
第四章 压缩机·····	(51)
4-1 压缩机的种类与结构·····	(51)
4-1.1 往复活塞式压缩机·····	(52)
4-1.1.1 连杆式压缩机·····	(53)
4-1.1.2 滑管式压缩机·····	(54)
4-1.2 旋转式压缩机·····	(54)
4-1.3 电磁式压缩机·····	(58)
4-2 压缩机的性能·····	(58)
4-2.1 压缩机制冷剂输入量·····	(58)
4-2.2 压缩机的制冷量·····	(61)
4-2.3 压缩机所需功率和压缩机运转时所需功率·····	(61)
4-2.4 压缩机的制冷系数·····	(63)
4-3 影响压缩机效率的因素·····	(64)
4-3.1 余隙容积对压缩机效率的影响·····	(64)
4-3.2 气伐阻力对压缩机效率的影响·····	(66)
4-3.3 制冷剂泄漏对压缩机的影响·····	(66)
4-3.4 进气预热对压缩机的影响·····	(66)

4-4 压缩机的润滑	(67)
4-4.1 对润滑的要求	(67)
4-4.2 润滑系统	(67)
4-5 压缩机的振动与噪音	(68)
第五章 电动机	(71)
5-1 电动机的旋转原理	(71)
5-1.1 电流	(71)
5-1.2 电压	(71)
5-1.3 电阻	(72)
5-1.4 功率	(73)
5-1.5 冰箱电机的旋转原理	(74)
5-2 电机与起动继电器的配合	(74)
5-2.1 冰箱电机与起动继电器配合	(74)
5-2.2 电流起动继电器的吸合电流, 释放电流值的测定方法	(76)
5-2.3 冰箱电机的吸合电流和释放电流值的测定方法	(77)
5-2.4 应用电流起动继电器的电冰箱工作电压范围	(77)
5-2.5 PTC 元件和电机的配合	(79)
5-2.6 无触点PTC起动器性能参数	(80)
5-2.7 冰箱电机的起动方式	(86)
5-3 冰箱电机的特性	(90)
5-4 冰箱电路的电器元件	(91)
第六章 传热	(97)
6-1 热的转移与温度差	(97)
6-2 导热	(98)

6-3	对流放热	(99)
6-4	传热	(101)
第七章	冷凝器	(106)
7-1	冷凝负荷	(106)
7-2	冷凝器中的传热	(107)
7-3	冷凝器的传热面积	(108)
7-4	冷凝器的维护要点	(108)
7-5	冷凝器的种类	(109)
第八章	蒸发器	(112)
8-1	蒸发器的制冷负荷	(112)
8-2	蒸发器的传热	(112)
8-3	蒸发器所需的传热面积	(114)
8-4	蒸发器的维护要点	(115)
8-5	蒸发器的结构型式	(115)
第九章	节流装置	(118)
9-1	毛细管	(118)
9-2	膨胀伐	(119)
9-2.1	热力膨胀伐	(119)
9-2.2	恒压膨胀伐	(120)
第十章	电冰箱	(122)
10-1	电冰箱种类	(122)
10-1.1	压缩式电冰箱	(125)
10-1.2	吸收式冰箱	(126)
10-1.3	半导体式电冰箱	(128)
10-2	电冰箱结构	(129)

10-2.1 箱体结构	(129)
10-2.2 制冷系统	(131)
10-2.3 温度控制	(134)
10-2.4 电冰箱电子控制电路	(140)
10-3 电冰箱组装工艺	(141)
第十一章 空调器	(144)
11-1 空调器理论	(144)
11-1.1 空气调节	(144)
11-1.2 保健用空气调节和工业用空气调节	(146)
11-1.3 空气的物理性质和焓湿图	(148)
11-1.3.1 空气的物理性质	(148)
11-1.3.2 湿空气的焓湿图	(149)
11-2 空气的加湿与去湿	(159)
11-2.1 空气加湿	(159)
11-2.1 空气去湿	(160)
11-3 空气净化	(161)
11-3.1 空气净化要求	(162)
11-3.2 空气过滤器	(164)
11-3.3 空气的灭菌、除臭与离子化	(167)
11-4 空调用机组	(169)
11-4.1 空气调节器	(169)
11-4.2 去湿机	(175)
第十二章 故障与排除方法	(179)
12-1 冰箱电路常见故障及修理方法	(179)
12-1.1 怎样判断压缩机电机好坏	(179)
12-1.2 电机和电器修理	(179)
12-2 电冰箱制冷系统的故障与排除方法	(183)

12-2.1 毛细管	(183)
12-2.2 蒸发器	(185)
12-2.3 冷凝器	(186)
12-2.4 压缩机	(186)
12-2.5 干燥过滤器	(189)
12-2.6 制冷系统的装配	(190)
12-3 空调器的使用、保养和故障排除	(193)
12-3.1 空调器的使用和保养	(193)
12-3.2 常见故障和排除方法	(194)

第一章 概 述

远古时代，人类的祖先就知道用天然的冰、雪贮存食物。历史书籍中记载：三千多年前，我国人民将收获的谷物用天然冷源—冰雪保存起来，以备长期食用，或缺乏该食品的季节时取用。有时候用稻草或木屑将冬天的冰包围起来，存放在地窖里，以备第二年夏季拿出来叫卖。古时候，靠卖冰发财的大有人在。“诗经”中有描写我国商、周时期奴隶贮冰劳动的情景：“二日之凿冰冲冲，三日之纳入浚阴。”（古时的浚阴，系指冰窖）。汉朝的“周礼”中记载了周代设置专管冰的“浚人”官吏。楚词的“招魂篇”中便有冰镇饮料的诗句。到了唐朝，冰镇饮料已相当普遍，当时有名的“槐叶冷淘”即是冰镇加糖的槐叶汁。了介明清史的人都知道，北京故宫中有一个很大的地窖，明、清两代都是用它来冷藏食品：窖中摆满坛子，内盛食物，外堆冰块……，这座冰窖至少使用五百多年了。

古代的埃及人，由于地处热带，一年四季见不到冰雪。他们根据湿润的手指在风中感觉凉爽的道理，在多孔（未涂釉）的陶器内装满水，待日落的傍晚来临时，将陶器放在屋顶上，水就沿着陶器的孔壁流至其外表面，当沙漠中夜晚的微风吹来，陶器表面湿气蒸发，器内的水被冷却，这是古人利用蒸发制冷的事例。

历史记载，亚历山大大帝曾利用壕沟装满冰雪，将酒桶冰入雪内，每到激战前夕，取用冰镇酒悬尝士兵，以励士气。

公元 37~68 年，罗马暴君尼禄，曾在宫廷内建筑雪壕，用以冷却饮料和食物。

1926 年法国人 Bacon，将雪填入杀好的鸡腔内，这是最

先用天然冷源冷冻食物者。

随着科学技术的发展，人们逐渐的掌握了人工制取冷量的方法。1820年，第一次实现了人工制冷。1824年，著名科学家法拉第得知：白色粉末状的氯化银能吸附大量的氨，加热后氨又从氯化银中释放出来，再冷凝成液氨，使之蒸发吸热，这就是最早的吸附制冷效应。1834年，美国工程师潘更斯制成了用硫酸乙醚为制冷剂的世界第一台压缩式制冷装置。1855年，德国工程师首次制造了吸收式制冷装置。1913年，美国工程师J·M·Larsen制造出第一台手动的家用冰箱，1918年由美国kelvinator公司的E·J·copeland工程师设计的第一台自动电冰箱问世，当年出售67台。

十九世纪三十年代，美国GE公司发明了氟制冷剂12，代替了以往使用的SO₂这种具有臭味的制冷剂，从而促进了压缩式电冰箱的发展。

我国第一台自制冰箱是1954年制造的，到1958年全国只有北京医疗器械厂等三个企业形成了小批量生产电冰箱的能力，1983年全国冰箱年产量为18.9万台，1985年完成了144万台，1986年电冰箱超过了即220万台的产量。

由于低温环境可以抑制食品组织中的酵母作用，阻碍微生物的繁殖，能在较长时间内贮存食品而不损坏其原有的色、香、味和营养价值，所以电冰箱在当代家庭中得到了广泛应用。在发达的国家中，电冰箱的普及率超过95%，美国和日本的普及率接近百分之百。我国冰箱的普及率目前还比较低。预计九〇年全国（包括农村在内）普及率在15%左右，一些大城市的普及率增长较快，如广州、北京突破了60%。随着人民生活水平的不断提高，全国已经掀起了“冰箱热”，普及率将会几倍、几十倍地增长。

空调器最早是在1920年由美国“开利亚”(Carrier)公司制造出来，它是用开式压缩机组装的卧式柜型空调器。五十年

代初,窗式空调器问世。以后经过结构上的改进,增设了减音隔音设施,使空调器在创造宁静、安逸的环境方面得到了完善,品种日趋增多。

我国第一台房间空调器是在1965年由上海冰箱厂现改名上海空调器厂生产出来。目前,由于引进国外的先进技术和设备,生产能力增长很快,品种日趋增多,到九〇年全国单相空调器的产量将突破60万台,社会拥有量超过260万台。

今后几年,冰箱和空调器的生产将根据使用要求、生活水平的提高,食品发展的动向,向小型、多功能、省能源方向发展。将开发大型多门、省空间省能耗、贮存性能多样化,使用更方便、符合新型食品趋向的电冰箱。如在双门冰箱的基础上,生产三门冰箱、四门冰箱,用以加大冷冻室和果菜贮存间;设置了冰温室($0\sim-1^{\circ}\text{C}$)和快速冻结室;应用电子技术,附设了温度显示,实现箱外调温、开门报警等功能;采用旋转式高效压缩机、新结构门封和隔热性能好的箱体保温材料,这些都将使冰箱性能大大提高,耗电指标显著下降。空调器的噪音将进一步降低,“超静”、“超薄型”分离式空调器已逐渐代替窗式整体式空调器,电子计算机遥控并调节风量的空调器,在保持 25°C 室温条件下将湿度降至 $50\sim60\%$,以满足人们对舒适环境的更高要求。

随着科学技术的发展,电冰箱和空气调节设备已成为新兴的制冷行业的一个分支,将在国民经济和人民生活中,起着越来越重要的作用。

第二章 基础知识

2-1 表示物质状态的基本参数

比重：单位体积物体的重量叫做比重或密度。比重的单位用公斤/米³(kg/m³)表示。比重表示符号： γ 。

液体的比重比气体的比重大，油分离器、气液分离器就是利用这一性质达到分离目的。

制冷剂蒸气的比重是影响压缩机的效率的重要参数。

比容：单位重量物体的体积叫做比容。比容的单位是米³/公斤(m³/kg)。比容和比重互为倒数。

制冷剂蒸气的比容是决定压缩机制冷量的重要参数。

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。

温度单位一般用摄氏温度(°C)表示。在标准大气压下，水的沸点是100°C，冰点是0°C，把0°C与100°C之间分成100等分，每一等分为1°C。对应于摄氏100°C是华氏温度212°F，摄氏0°C是华氏温度32°F，二者之间分为180等分，每一等分为华氏一度，即表示为1°F。

热力学上还采用绝对温度的表示法。绝对温度的零度是由物理学理论推导出来的最低温度，是分子运动完全停止时物体的温度。绝对温度用符号K表示。绝对零度，即0K，相当于-273.15°C。

上述三种温度的换算关系：

摄氏温度与绝对温度: $T = t + 273$ (2-1)

式中 T ——绝对温度, K;

t ——摄氏温度 $^{\circ}\text{C}$ 。

华氏温度与摄氏温度:

$$\text{华氏温度 } ^{\circ}\text{F} = \frac{9}{5}t^{\circ}\text{C} + 32 \quad (2-2)$$

$$\text{摄氏温度 } ^{\circ}\text{C} = \frac{5}{9}(t^{\circ}\text{F} - 32) \quad (2-3)$$

压力: 流体没有一定的形状。流体对与其接触的容器的作用力叫做压力, 或者叫做压强。若在容器内封入气体, 由于气体分子的运动, 在容器表面 (Scm^2) 上就受到力 (Fkg) 的作用, 此时

$$\text{压力 (P) 为: } P = \frac{F}{S} \text{ kgf/cm}^2 \quad (2-4)$$

压力单位是 公斤力/厘米² (kgf/cm^2)。用电力表示功时, 压力单位用公斤力/米² (kgf/m^2), 表示较小压力时, 可用相应的水银柱高度来表示, 即毫米汞柱 (mmHg)。 $1\text{mmHg} = 0.00136\text{kgf/cm}^2$ 。

在国际单位制中, 压力单位采用 牛顿/米² (N/m^2), 称为帕斯卡, 简称帕, 或者牛顿/毫米²。它与现在使用的公斤力/厘米²之间的关系是:

$$\begin{aligned} 1 \text{ 公斤力/厘米}^2 &= 98066.5 \text{ 帕 (N/m}^2\text{)} \\ &= 0.0980665 \text{ 牛顿/毫米}^2 \\ &\approx 98100 \text{ 帕} \end{aligned}$$

压力单位也使用巴 (bar),

$$\begin{aligned} 1 \text{ 巴} &= 10^5 \text{ 牛顿/米}^2 = 10^5 \text{ 帕} \\ &= 1.019716 \text{ 公斤力/厘米}^2 \\ &\approx 1.02 \text{ 公斤力/厘米}^2 \end{aligned}$$

压力有表压力和绝对压力之分。表压力是用压力表 (制冷

装置中使用普尔顿压力表)测定的压力,以大气压作为基准(0)。所谓绝对压力,即是真实的压力,用气压计测定的压力,把真空作为基准。

大气压因时间和地点不同而有变化。物理学上规定,在纬度 45° 的海平面上常年平均大气压为 1 标准大气压 (atm), 或称 1 物理大气压, 其值为 760mmHg。

$$\begin{aligned}\text{即 } 1 \text{ 标准大气压} &= 760\text{mmHg} \\ &= 0.760 \times 13.595 \\ &= 10332\text{kgf/m}^2 \\ &= 1.0332\text{kgf/cm}^2\end{aligned}$$

水银密度 $\rho = 13595\text{kgf/cm}^3$ (0°C 时)

工业上取 $1.0332\text{kgf/cm}^2 \doteq 1\text{kgf/cm}^2$ 。所以绝对压力和表压力的关系可写为:

$$\text{绝对压力 } P = P_g + P_{\text{atm}} = P_g + 1 \quad (\text{kgf/cm}^2 \cdot \text{abs}) \quad (2-5)$$

式中 P_g ——表压力 $(\text{kgf/cm}^2 \cdot \text{g})$

P_{atm} ——标准大气压 (kgf/cm^2)

如果压力比大气压力低时,就是负值,压力表上只示出真空度为多少毫米(厘米)水银柱(hmmHg)。真空度是表示制冷剂压力相当于比大气压力低hmmHg的压力,所以hmmHg

的压力相当于 $\frac{1.0332}{760} \cdot h\text{kgf/cm}^2$, 用绝对压力 P 来表示真空度

$$(\text{hmm}) \text{ 的压力时, } P = P_{\text{atm}} - \frac{1.0332}{760} \cdot h$$

$$= 1.0332 - \frac{1.0332}{760} \cdot h$$

$$= 1.0332 \left(1 - \frac{h}{760} \right) \quad (2-6)$$

英、美等国常采用磅/英寸²(lb/in²)作工程上的压力单位。

压力单位的换算表 (2-1)

表 2.1		压力单位换算			
帕 牛顿/米 ² (N/m ²)	巴 (bar)	千克力/厘米 ² (kgf/cm ²)	毫米汞柱 (mm, Hg) (0℃时)	标准大气压 (atm)	磅力/英寸 ² (lbf/in ²)
1	10 ⁻²	0.102 × 10 ⁻⁴	7.5 × 10 ⁻⁴	0.987 × 10 ⁻³	0.145 × 10 ⁻³
10 ⁵	1	1.0197	750.1	0.987	14.5038
98.0665 × 10 ³	0.9807	1	735.56	0.9678	14.223
133,322	1.333 × 10 ⁻³	1.36 × 10 ⁻⁸	1	1.31 × 10 ⁻³	0.0193
1.01325 × 10 ⁴	1.0133	1.0333	760.00	1	14.696
6894.8	0.06895	0.0703	51.715	0.068	1

2-2 热 和 功

热：使物体温度上升或下降的能叫做热。物质的分子动能是通过热表现出来的。热量的多少用仟卡 (Kcal) 表示。英、美国采用 B、T、U 为热量单位。二者之间的关系为：

$$1\text{kcal}=3.9683 \text{ B}\cdot\text{T}\cdot\text{U}$$
$$\text{或 } 1\text{B}\cdot\text{T}\cdot\text{U}=0.252 \text{ Kcal}$$

世界上的物体分为固态、液态和气态,这三种状态都是由分子运动情况确定的,这种分子的运动在绝对零度(- 273.15℃)时将停止,这时,物体失去全部热量。所以具有热量的物体,当热量变化时,它的状态也将会改变。