

职业 技 术 学 校
家用电器维修专业教材

家用制冷设备 实用维修技术

职业技术学校家用电器维修专业教材编审委员会 组编
李援瑛 主编

帮您掌握
实用技术
助您快速
取证上岗



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

07-43
0



职业技术学校家用电器维修专业教材

家用制冷设备实用维修技术

职业技术学校家用电器维修专业教材编审委员会 组编

李援瑛 主编

甜煉 (CIP) 目錄列在後面



号 018386 策 (5003) 字 对 据 数 CIP 前 计 图 本 册 国 中

机械工业出版社 (北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

敬蔭莊：叔姪升貴 肥永霽：子姪升貴 兩春王：姪升貴

[illegible]

2003年2月第1期 · 第1卷第1期

787mm×1092mm^{1/16} · 17.72印张 · 5插页 · 443千字



000 4—100 0

¥00.75; 付宝

册数 册次 页码 页眉 页脚 页眉页脚 备注

88370646 (010) 8893851 甜串类热饮调饮本

机械工业出版社

801057

本书在简明扼要地讲述制冷与空调技术原理的基础上,系统地介绍了电冰箱和空调器(机)的结构性能、工作原理、安装、维护及维修方法,着重阐述了电冰箱和空调器常见故障的判断方法和检修技能。

本书适用于各类制冷设备技术培训,可作为专业教材使用,也是一本自学电冰箱和空调器(机)原理与维修知识,快速掌握制冷设备维修技能的可读性很强的教材。

图书在版编目(CIP)数据

家用制冷设备实用维修技术/李援瑛主编. —北京:
机械工业出版社, 2003.4
职业技术学校家用电器维修专业教材
ISBN 7-111-11837-5

I. 家… II. 李… III. 制冷—设备—维修—专业
学校—教材 IV. TB657

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 018386 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:王春雨 版式设计:霍永明 责任校对:张莉娟
封面设计:饶 薇 责任印制:闫 焱
北京京丰印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行
2003 年 5 月第 1 版·第 1 次印刷
787mm×1092mm¹/₁₆·17.75 印张·2 插页·443 千字
0 001—4 000 册
定价:27.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换
本社购书热线电话(010) 68993821、88379646
封面防伪标均为盗版

职业技术学校家用电器维修专业教材 编审委员会名单

主 任：张庆来

副 主 任：汲有川 李超群 李兴民

委 员（按姓氏笔画排序）

宋贵林 李援瑛 何月秋

赵炳祺 孟贵华 陶宏伟

本书主编：李援瑛

本书参编：张 平 赵 宁 李 文

前 言

根据《中华人民共和国劳动法》的有关规定，为了进一步完善国家职业标准体系，为职业教育和职业培训提供科学、规范的依据，国家劳动和社会保障部委托中国家用电器协会组织有关专家，制定了《家用电器产品维修工国家职业标准》。

目前，国家公布了实行就业准入的 90 个工种目录，其中《家用电器产品维修工》（包括制冷设备维修工、家用电热器具与电动器具维修工）和《家用电子产品维修工》（包括家用视频设备维修工、家用音响设备维修工）为实行就业准入的范围。

按照国家劳动和社会保障部 2000 年第六号文件的规定，职业技术学校、技工学校及各类职业技术培训学校的学生，必须通过相应工种的职业技能鉴定并取得相应的职业资格证书后，才能在该技术工种岗位就业。

教材建设是实施职业技能培训和职业技能鉴定的重要环节。为了提高各级各类职业技术学校的培训质量，根据“职业技能鉴定规范”的要求，“职业技术学校家用电器维修专业教材”编审委员会组织相关工种的专家、考评员及专业课教师，编写了“职业技术学校家用电器维修专业教材”，本套教材包括《家用电器维修技术基础》、《家用制冷设备实用维修技术》、《家用音响设备实用维修技术》、《家用视频设备实用维修技术》、《电视机实用维修技术》共 5 本。

本套教材注重职业技术教育的特点，着重基本概念、基本理论、基本分析方法和实用维修技术，注重科学性与实用性相结合，重点在于培养学生分析问题、解决问题的能力，理论结合实际的能力和实际操作能力。在系统讲述基础知识、维修技术的基础上，充分地介绍了新机型、新器件、新技术。为了便于教师组织教学和学生进行复习，每章后面均有小结和复习思考题。

本套教材是适用于职业技术教育和职业技能等级考核的（初级工、中级工）培训教材，也是家用电器维修爱好者的自学读物，同时还可作为家电维修人员的参考书。

职业技术学校家用电器维修专业教材编审委员会

编 者 的 话

本书是以劳动和社会保障部颁行的职业技能鉴定标准中《制冷设备维修工》职业技能鉴定内容为参考编写的。

本书结合职业技能鉴定内容,本着由浅入深、深入浅出的原则,系统地讲授了制冷设备的原理、结构,安装、维护及维修操作方法。为使读者能通过本书的学习,掌握制冷设备的基本维修技能,在讲明基础知识,讲透基本结构和基本电路知识的基础上,把重点放在讲述操作技能上,使读者能读得懂、学得会。本书在编写过程中力求基础扎实,信息量大,跟上发展,使书中所涉及的内容覆盖了小型制冷设备维修中常见的技术问题,反映当前小型制冷设备维修技术的发展。

本书可作为具有初、高中文化程度的从业人员参加制冷设备维修等级考核的学习教材,也可作为职业高中、中专学校、职工专业班进行教学的教材用书。由于本书的可读性和可操作性强,所以也适合自学家用制冷设备维修技术的人员阅读。

本书由李援瑛主编,参加编写的人员还有张平、赵宁、李文。

由于编写水平所限,书中难免有不妥和错误之处,恳请广大读者批评指正。

作 者

目 录

前言

编者的话

第一章 热力学基础知识 1

第一节 热力学的基本参数 1

第二节 物质的相变 5

第三节 传热与隔热 6

复习思考题 8

第二章 制冷原理与制冷系统 9

第一节 制冷原理 9

第二节 单级蒸汽压缩式制冷系统 12

复习思考题 13

第三章 制冷剂与冷冻润滑油 14

第一节 制冷剂概述 14

第二节 常用制冷剂的特性 15

第三节 制冷剂的压焓图 19

第四节 压焓图的应用 22

第五节 冷冻润滑油 25

复习思考题 27

第四章 电冰箱的基本组成 29

第一节 电冰箱的分类 29

第二节 电冰箱的结构 32

第三节 电冰箱的箱体与附件 33

第四节 电冰箱的主要技术参数 35

复习思考题 36

第五章 电冰箱的制冷系统 37

第一节 制冷压缩机 37

第二节 冷凝器 42

第三节 干燥过滤器 44

第四节 毛细管 45

第五节 蒸发器 47

第六节 电冰箱制冷系统的典型布置 48

复习思考题 50

第六章 电冰箱的电气系统 52

第一节 压缩机电动机 52

第二节 起动继电器和过载保护器 55

第三节 温度控制器 60

第四节 电冰箱的除霜装置 66

第五节 电冰箱电气系统典型电路分析 70

复习思考题 73

第七章 电冰箱的维修技术 74

第一节 电冰箱维修的设备工具与配件材料 74

第二节 电冰箱维修用设备和工具的使用方法 76

第三节 电冰箱维修中的焊接操作 87

第四节 电冰箱压缩机的维修 96

第五节 蒸发器与毛细管的维修 98

第六节 冷凝器与干燥过滤器的维修 102

第七节 电冰箱电气控制系统的综合维修 104

复习思考题 106

第八章 电冰箱的常见故障与维修方法 108

第一节 电冰箱的挑选与使用不当的故障处理 108

第二节 检查电冰箱故障的一般方法 114

第三节 电冰箱制冷系统的维修



操作	120	用方法	193
第四节 电冰箱维修后的 检测	130	第六节 空调器的选购与 维护	196
复习思考题	131	复习思考题	199
第九章 空气调节的基础知识	132	第十二章 空调器的维修	200
第一节 空气调节的任务和 作用	132	第一节 空调器故障的检查 方法	200
第二节 湿空气的物理性质	134	第二节 空调器制冷系统常见故障 分析	202
第三节 湿空气的焓湿图	135	第三节 空调器电气系统常见故障 分析	206
第四节 空调房间的热湿负荷 估算	137	第四节 窗式空调器的维修	212
复习思考题	139	第五节 分体式空调器的 维修	224
第十章 空调器的工作原理与 结构	140	复习思考题	237
第一节 空调器概述	140	第十三章 其他空调器介绍	238
第二节 空调器的制冷系统	146	第一节 柜式空调器的工作原理 结构与操作方法	238
第三节 空调器的风路系统	152	第二节 除湿机的工作原理与 结构	244
第四节 空调器的基本电路	154	第三节 恒温恒湿空调机	245
第五节 窗式空调器的工作原理 和结构	164	第四节 柜式空调机的维修	248
第六节 分体式空调器的工作原 理和结构	169	第五节 除湿机的使用与 维修	255
复习思考题	174	第六节 恒温恒湿空调机的使用 与维修	257
第十一章 空调器的安装与 维护	175	复习思考题	273
第一节 安装空调器的基础 知识	175	附录	插页
第二节 窗式空调器的安装	177	附图 1 R 22的 $\lg p-h$ 图	插页
第三节 分体式空调器的 安装	179	附图 2 R 134a的 $\lg p-h$ 图	插页
第四节 空调器的使用方法	185	附图 3 湿空气焓湿图	插页
第五节 一拖二空调器的特点及使			

第一章 热力学基础知识

第一节 热力学的基本参数

一、温度

1. 温度 温度是表示物体冷热程度的物理量。在制冷系统中，它表示了制冷剂的冷热程度。

2. 温标 温标是温度的标定方法。常见的温度有摄氏温度、华氏温度和热力学温度（又叫绝对温度或开氏温度）。

(1) 摄氏温度 摄氏温度是指在一个标准大气压（760mmHg 或约 0.1MPa）下，将冰、水混合物的温度定为 0 度，水的沸点定为 100 度，在这两个定点之间分成 100 个等份，每一个等份间隔为 1 摄氏度。

摄氏温度的符号用 t 表示，其单位是摄氏度，可以写成 “°C”。

(2) 华氏温度 华氏温度是指在一个标准大气压下，将冰、水混合物的温度定为 32 度，水的沸点定为 212 度，在这两个定点之间分成 180 个等份，每一个等份间隔为 1 华氏度。

华氏温度的符号用 t_F 表示，其单位是华氏度，可以写成 “°F”。

(3) 热力学温度 把物质中的分子全部停止运动时的温度定为绝对零度（绝对零度相当于 -273.15°C ），以绝对零度为起点的温度叫做热力学温度。

热力学温度的符号用 T 表示，其单位是开尔文，可以写成 “K”。

(4) 三种温度间的换算关系

$$t = T - 273.15$$

$$T = t + 273.15$$

$$t = (t_F - 32) \times \frac{5}{9}$$

$$t_F = \frac{9}{5} \times t + 32^{\circ}\text{F}$$

式中 t ——摄氏温度 (°C)；

T ——热力学温度 (K)；

t_F ——华氏温度 (°F)。

二、压力

1. 压力的定义 在制冷系统中，大量制冷剂气体或液体分子垂直作用于容器壁单位面积上的作用力叫做压力（即物理学中所提及的压强），用 p 表示。

空气对地球表面所产生的压力叫做大气压力，简称大气压，用符号 $p_{\text{气}}$ 表示。

2. 压力的单位

(1) 国际单位制 国际上规定：当 1m^2 面积上所受到的作用力是 1N 时，压力为 1Pa，



$1\text{Pa} = 1\text{N}/\text{m}^2$ 。在实际应用中,因帕的单位太小,常采用兆帕(MPa)作为压力单位, $1\text{MPa} = 10^6\text{Pa}$ 。

(2) 标准大气压 标准大气压是指 0°C 时,在纬度为 45° 的海平面上,空气对海平面的平均压力,相当于 760mmHg 所产生的压力。标准大气压用 atm 表示,即 $1\text{atm} = 760\text{mmHg}$ 。

一个标准大气压近似等于 0.1MPa ,即 $1\text{atm} \approx 0.1\text{MPa}$ 。

(3) 工程制单位 工程制单位是工程上常用的单位,一般采用千克力/每平方厘米(kgf/cm^2)作单位。

$$1\text{kgf}/\text{cm}^2 = 735.6\text{mmHg} \approx 0.1\text{MPa}$$

(4) 液柱高单位 空调技术中常用液柱高度作为单位,如毫米汞柱(mmHg)、毫米水柱(mmH_2O)。

在制冷技术中还会遇到一些非国际单位和非法定计量单位的压力单位,其换算关系如下:

$$1\text{lbf}/\text{in}^2 (\text{磅力/平方英寸}) = 6894.757\text{Pa}$$

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

$$1\text{kgf}/\text{m}^2 = 9.80665\text{Pa}$$

$$1\text{dyn}/\text{cm}^2 (\text{达因/平方厘米}) = 0.1\text{Pa}$$

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

$$1\text{mmHg} = 13.5951\text{mmH}_2\text{O} = 133.3224\text{Pa}$$

3. 绝对压力、表压力和真空度

(1) 绝对压力 容器中气体的真实压力称为绝对压力,用 $p_{\text{绝}}$ 表示。

当容器中没有任何气体分子时,即真空状态下,绝对压力值为零。

(2) 表压力 在制冷系统中,用压力表测得的压力值称为表压力,用 $p_{\text{表}}$ 表示。

当压力表的读数为零值时,其绝对压力为当地、当时的大气压力。表压力并不是容器内气体的真实压力,而是容器内真实压力($p_{\text{绝}}$)与外界当地大气压力($p_{\text{气}}$)之差,即

$$p_{\text{绝}} = p_{\text{表}} + p_{\text{气}}$$

(3) 真空度 系统内的绝对压力小于当地大气压的数值称为真空度,用 H 表示,单位一般用 mmHg ,即

$$H = p_{\text{气}} - p_{\text{绝}}$$

4. 真空联程压力表 在工程中,用于测量高于大气压的压力仪表称为压力表;用于测量低于大气压的压力仪表称为真空表;两者皆可测的压力仪表,称为真空联程压力表。

真空联程压力表一般是以 MPa 为单位,表上的标度有正、负之分,正标度从 0 开始,向右依次为 0.1、0.2、0.3……,其单位为 MPa ;负标度从 0 开始,向左至 -0.1 ,其单位也为 MPa (或标度从 $0 \sim 760\text{mmHg}$),见图 1-1。

三、密度和质量体积

1. 密度 密度是指某种物质单位体积的质量,用符号 ρ 表示,单位为 kg/m^3 。

2. 质量体积 质量体积是指某种物质单位质量的体积,用符号 v 表示,单位为 m^3/kg 。对同一种物质来说,它的密

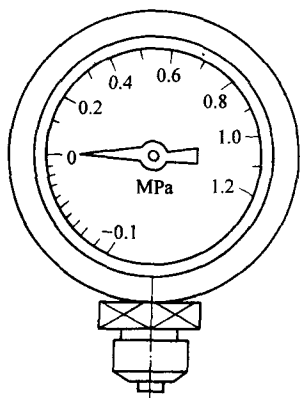


图 1-1 真空联程压力表



度和质量体积互为倒数, 即 $\rho = 1/v$ 或 $v = 1/\rho$ 。

四、热能、热量、制冷量

热能是能量的一种形式, 它是物质分子运动的动能。热能是可以随物质运动由这种形式转变为另一种形式的能量。

热量是物质热能转移时的度量, 是表示物体吸热或放热多少的量度, 用符号 Q 表示, 国际单位制中, 热量的单位是焦耳 (J) 或千焦 (kJ)。工程技术中, 热量单位常用卡 (cal) 或千卡 (又称大卡) (kcal) 来表示。这两种单位的换算关系是:

$$1\text{kJ} = 0.24\text{kcal}$$

$$1\text{kcal} = 4.18\text{kJ}$$

制冷量是用人工方法在单位时间里从某物体 (空间) 移出的热量。其单位为千焦/小时 (kJ/h) 或瓦 (W)、千瓦 (kW)。

五、冷吨

冷吨是英制的制冷量单位。1 冷吨就是在 24 小时内将 1t 0°C 的水变成 0°C 的冰所需的冷量。美国用 2000lb 作为 1t, 因此 1 美国冷吨 = 12659kJ/h; 日本用 1000kg 作为 1t 因此 1 日本冷吨 = 13898kJ/h。

六、比热容

单位质量的某物质温度升高 1°C 所需的热量叫比热容。比热容的单位是 J/(kg·K) 或 kJ/(kg·K)。

要计算某物质温度变化时吸收或放出的热量时, 可以把该物质质量乘它的比热容再乘温度变化, 用公式表示为

$$Q = mc(t_1 - t_2)$$

式中 Q ——热量 (kJ);

m ——质量 (kg);

c ——比热容 [kJ/(kg·K)];

t_1 ——初始温度 ($^\circ\text{C}$);

t_2 ——终止温度 ($^\circ\text{C}$)。

七、内能、焓和熵

内能是由工质 (所谓工质是指热力循环中工作的物质) 内部状态决定的能量。它包括工质内部分子热运动的动能和分子相互作用的热能。工质的内能取决于工质的状态——温度、压力和质量体积。单位质量工质的内能叫比热力学能 (又称比内能)。比热力学能用符号 u 表示。1kg 工质的比热力学能单位是 kJ/kg。

焓是工质在流动过程中所具有的总能量。在热力工程中, 将流动工质的内能和推动功之和称为焓。

单位质量工质所具有的焓称为比焓, 用符号 h 表示, 单位是 kJ/kg (或 kcal/kg)。

熵是表征工质在状态变化时与外界进行热交换的程度。单位质量工质所具有的熵称为比熵, 用符号 s 表示, 单位是 kJ/(kg·K) [或 kcal/(kg·K)]。

八、热力循环与制冷循环

一个封闭的热力过程称为热力循环。将热量从低温热源中取出, 并排放到高温热源中的热力循环, 称为制冷循环。



九、卡诺循环和逆卡诺循环

卡诺循环是由两个等温过程和两个绝热过程组成的可逆的热机循环，叫做卡诺循环。它是由法国科学家卡诺发现的，解决了热机循环中热能的最大利用程度是多少，即在一定条件下热能转换成机械能的极限是多少这个问题。在给定的高低温热源条件下，按卡诺循环工作，热机将有最高的效率。

图 1-2 为卡诺循环的示意图，工质在绝热的气缸里，必要时可与热源或冷源进行换热。工质在 T_1 温度下从热源吸热 q_1 ，由状态 1 等温膨胀到状态 2；接着工质与热源分开，以过程 2-3 进行绝热膨胀；然后在 T_2 温度下由状态 3 等温压缩到状态 4，并向冷源放热 q_2 ；最后以过程 4-1 进行绝热压缩，回到初始状态 1。由于上述过程是在理想条件下进行的，故卡诺循环是一个理想循环。

卡诺循环的效率为

$$\eta_k = \frac{q_1 - q_2}{q_1} = 1 - \frac{q_2}{q_1} = 1 - \frac{T_2}{T_1}$$

由上式可得到以下结论：

- 1) 卡诺循环的热效率仅取决于热源和冷源的温度，而与所用工质的性质无关。
- 2) 要提高卡诺循环热效率，可以用提高热源温度 T_1 和降低冷源温度 T_2 的办法来实现，其中以降低 T_2 的效果尤为显著。
- 3) 卡诺循环的热效率总是小于 1，而且不可能等于 1。因为要等于 1，就必须 $T_1 = \infty$ 或 $T_2 = 0\text{K}$ ，这显然是不可能的。
- 4) 当 $T_2 = T_1$ 时，即没有温差时， $\eta_k = 0$ ，即单热源的热机不能使热量转化为功，所以循环中的温差是能量转换的必要条件。

逆卡诺循环是工质按卡诺循环的线路反方向进行循环，是理想制冷循环。如图 1-3 所示，工质从点 1 绝热膨胀到点 2，然后等温膨胀到点 3，并从冷源 T_2 吸取热量 q_1 ；之后工质被绝热压缩到点 4，再等温压缩到点 1，同时向热源 T_1 放出热量 q_2 。此时，气体消耗的功 W_1 大于气体膨胀所作的功 W_2 ，排出热量 q_2 大于吸入热量 q_1 。

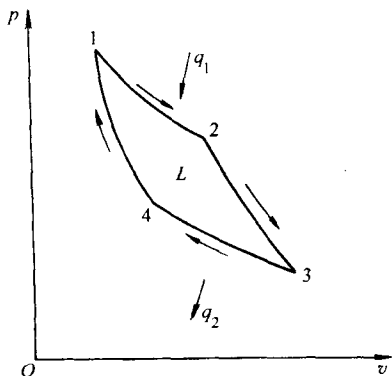


图 1-2 卡诺循环

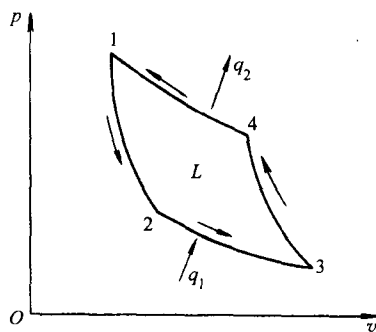


图 1-3 逆卡诺循环

完成逆卡诺循环的结果是消耗了一定数量的机械功 $W = W_1 - W_2$ (转化为热量 $W = q_2 - q_1$)，并和从冷源取得的热量 q_1 一起排给热源。由于热量由低温移向高温，类似于将水从



低处送到高处，将可以按逆卡诺循环工作的热机称为热泵或制冷机。制冷机工作的必要条件是消耗外功；不消耗外功，自发地从低温物体把热量传给高温物体是不可能的。这就是遵循热力学第二定律的规律。

为了评价逆卡诺循环的经济性，可以用制冷系数表示：

$$\epsilon_k = \frac{q_1}{W} = \frac{q_1}{q_2 - q_1} = \frac{T_1}{T_2 - T_1}$$

上式可得到以下结论：

- 1) 卡诺循环的制冷系数取决于冷源和热源的温度，而与所用制冷剂的性质无关。
- 2) 冷热的温差越大，制冷系数就越小，制冷机的经济性越差。
- 3) 由热力学第二定律证明，在一定的温度条件下，逆卡诺循环的制冷系数最大，实际制冷循环的系数都比它小。

通常将相同温度条件下的实际制冷循环的制冷系数与逆卡诺循环的制冷系数之比称为制冷循环的热力完善度，并用 β 表示：

$$\beta = \epsilon / \epsilon_k$$

热力完善度可以用来说明实际制冷循环接近于逆卡诺循环的程度。 β 愈大，实际制冷循环的经济性就愈高。

十、临界状态与三相点

随着压力的升高，蒸气的质量体积逐渐减小而接近液体质量体积，当压力增至某一数值后，饱和蒸气与饱和液体之间就无明显的区别，此时的状态称为临界状态。

三相点是固相、液相、气相处于平衡共存的状态点。纯水的三相点温度是 0.0098°C ，压力为 610.5Pa 。

十一、节流

流体在流道中流经阀门、孔板或多孔堵塞物时，由于局部的阻力使流体压力降低的现象称节流。在节流过程中流体与外界没有热量交换，就称为绝热节流。制冷剂流经热力膨胀阀或毛细管可视作近似绝热节流过程。过程中制冷剂与外界无热交换，亦无净功量输出；如无宏观位能和动量的变化，则节流前后的制冷剂的焓不变，故也称为等焓节流。

第二节 物质的相变

一、物质的三种状态及状态变化

自然界的物质，在不同的条件下以不同的状态存在。同一种物质，由于压力、温度不同，可以处于固态、液态或气态。在适当条件下，各种状态可以进行相互转换，如图 1-4 所示。

物态的变化又称为相变。在相变过程中，总是伴随着吸热或放热现象，应用在制冷装置上，就是要着重介绍的蒸气压缩式制冷的原理，这种制冷方式是依靠制冷装置内的制冷剂的相变来完成的。

二、描述物态相变的物理量

1. 汽化和液化 物质由液态转化为气态的过程叫做汽化；从气态转化为液态的过程叫做液化。汽化和液化是相反的过程，汽化过程伴随着吸热，液化过程伴随着放热。



汽化有两种方式：蒸发和沸腾。只在液体表面发生的汽化现象叫做蒸发。蒸发可以在液体的任何温度下发生。在一定的气压下，液体达到一定温度时，液体内部和表面同时进行的剧烈的汽化现象叫做沸腾，对应的温度称为沸点。

制冷剂在蒸发器内吸收了被冷却物体的热量后，由液态汽化为蒸气，这个过程实际是沸腾，在制冷技术中，习惯上称为蒸发，并将此时对应的温度称为蒸发温度，用 t_0 表示，对应的压力称为蒸发压力，用 p_0 表示。

液化又称为冷凝，可通过降温或加压的方法进行。例如：水蒸气遇冷就会凝结成水珠，水蒸气液化很容易，但有些气体的液化要在较低温度和较高压力下才能实现，如电冰箱中制冷剂 R12 若在室温下液化，就需加压到 0.6MPa (6atm) 以上，才能在冷凝器中放热液化。

制冷剂在冷凝器内液化时对应的温度称为冷凝温度，用 t_k 表示，对应的压力称为冷凝压力，用 p_k 表示。

2. 熔解和凝固 物质从固态变为液态的过程叫做熔解；从液态变为固态的过程叫做凝固。

熔解时的温度称为熔点，凝固时的温度称为凝固点。

3. 升华和凝华 固体不经过液体而直接变成气体的过程叫做升华；反之，由气体直接变为固体的过程叫做凝华。

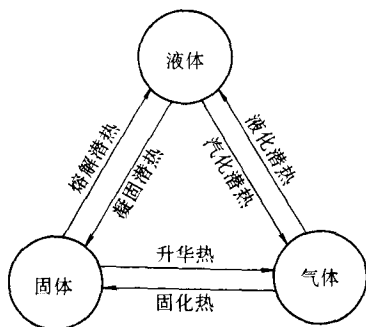


图 1-4 物质状态的变化

第三节 传热与隔热

一、热力学定律

热力学是研究热能与机械能之间相互转换规律的学科。主要研究能量转换的客观规律（即热力学的基本定律）和工质的基本热力性质及热力装置的工作过程。制冷装置中制冷剂的吸放热过程及压缩过程都是通过制冷剂的状态变化来实现能量交换的。因此，热力学也是制冷技术主要理论基础，热力学的理论与方法可以用来分析制冷循环，进行热力计算，确定性能指标，且可指出制冷装置性能改进与提高的方向。

1. 热力学第一定律 热力学第一定律是能量转化与守恒定律在热力学中的具体体现。在热力学范围内，主要指的是物体的内能与机械能之间的相互转化与守恒。它可表达为：热和功可以相互转化，一定量的热消失时必然产生数量完全一样的机械能；而当一定量的机械能消失时必然产生数量完全一样的热能。它表明，热和功之间存在着一定的数量关系，用数学公式可表达为

$$Q = W$$

式中 Q ——热量 (kJ)；

W ——机械功 (J)。

2. 热力学第二定律 热力学第一定律只说明了热与机械功之间的转化关系，并没有指

出能量转化的条件和方向。热力学第二定律指出：在自然条件下，热量不能从低温物体转移到高温物体，欲使热量由低温物体转移到高温物体，必须要消耗外界的功，而这部分功又转变为热量。

人工制冷是热力学第二定律的典型应用。它是消耗一定的能量（电能或其他能量），以使热量从低温热源（蒸发器周围被冷却物质）转移到高温热源（冷凝器的冷却介质——空气或冷却水）的过程。

热力学第一定律和第二定律是热力学的基本定律，也是制冷技术的理论基础。它们说明了制冷机中功和能（热量）之间相互转换的关系及条件，以及制冷要消耗功的原因。

二、热传递

热力学第二定律阐述了传热的方向，但没有涉及传热的形式及具体过程。热量从高温物体（空间）向低温物体（空间）传递的过程称为传热。

隔热又称为绝热，它是利用隔热材料来防止热量从外界向冷却对象渗透，或防止热量散失到周围环境中的一种方法。

当两个温度不同的物体互相接触时，由于两者之间存在温度差，两者的热能会发生变化，即温度高的物体失去热能，温度降低；而温度低的物体得到热能，温度升高。这种热能在温度差作用下的转移过程称为热传递过程。

热传递的方式有三种：热传导、对流和热辐射。

1. 热传导 温度不同的两个物体相接触或者同一个物体的各个部分温度不同时，热量会从高温向低温传递，这种发生在固体内部的传热方式称为热传导。

不同物体的传热本领是不一样的：容易传热的物体叫做热的良导体，如银、铜、铝、铁等金属；不容易传热的物体叫做热的不良导体（也叫绝热材料），如玻璃棉、聚氨酯泡沫塑料、软木、空气等。在制冷设备中要根据不同的需要，选用不同的材料。如对于蒸发器、冷凝器等传热设备，应采用钢、铝等良导体；对于箱体等隔热材料，则应采用聚氨酯泡沫塑料、玻璃棉等绝热材料。

热传导是固体中热量传递的主要方式，在气体或液体中，热传导过程往往是和对流同时发生的。

2. 对流 依靠流体（液体或气体）的流动而进行热传递的方式称为对流。

对流可分为自然对流和强制对流，其中靠流体密度差进行的对流称为自然对流，靠外部用搅拌等手段强制进行的对流称为强制对流。直冷式电冰箱箱内获得低温，是箱内空气自然对流的结果；而间冷式电冰箱箱内获得低温，主要是依靠小风扇强迫箱内空气对流的结果。

3. 热辐射 热量从物体直接沿直线射出去的传热方式叫做热辐射。热辐射的传递方式和光的传播方式一样是以电磁波的形式传递，传播速度为光速。太阳的热就是通过辐射传到地球的。

热辐射总是在两个物体或多个物体之间进行的。物体间的温差越大，热辐射就越强烈。热辐射的大小除了与热源的温度有关外，还与物体表面的性质有关：物体表面越黑、越粗糙就越容易辐射热和吸收热；表面越白、越光滑就越不容易吸收辐射热，但善于反射辐射热。因此，电冰箱表面要做得白而光亮，以减少吸收其他物体的辐射热；电冰箱背后的冷凝器和压缩机，为利于向空气辐射热而喷涂上黑漆。



三、显热和潜热

虽然热量是物体吸收或放出热的多少,但是有的物体吸收或放出热量只有温度的变化,而无状态的变化:有的物体吸收或放出热量只有状态的变化,而无温度的变化。它们的区别是:前者吸收或放出的是显热,后者吸收或放出的是潜热。

1. 显热 物体吸收或放出热量时,物体只有温度的升高或降低,而状态却不发生变化,这时物体吸收或放出的热量叫做显热。

用“显”这个词来形容热,是因为这种热可以用触摸而感觉出来,也可以用温度计测量出来。例如:20℃的水吸热后温度升高至50℃,其吸收的热量为显热;反之,50℃的水降温到20℃时,所放出的热量也为显热。

2. 潜热 物体吸收或放出热量时,物体只有状态的变化,而温度却不发生变化,这时物体吸收或放出的热量叫做潜热。

潜热因温度不变,所以无法用温度计测量。物体相变时所吸收或放出的热量均为潜热,分别称为汽化潜热、液化潜热、溶解潜热、凝固潜热、升华潜热和凝华潜热。例如:在常压下,水加热到沸点100℃后,如果继续加热,水将汽化为水蒸气,汽化过程中温度仍为100℃不变,这时吸收的热量为汽化潜热(又称蒸发潜热);反之,高温的水蒸气冷却到100℃后再继续降温,水蒸气将冷凝为水,冷凝过程中温度保持100℃不变,这时放出的热量为液化潜热(又称冷凝潜热)。

制冷系统中的制冷剂一般选用蒸发潜热数值大的物质,这是因为制冷剂在蒸发器中主要是利用由液态吸热变为气态的相变过程来达到制冷目的的,这个热就是蒸发潜热。

复习思考题

1. 什么是温度?什么是温标?常用的温标有几种?不同温标的温度值之间的换算关系如何?
2. 什么是压力?常用的压力单位有哪些?它们之间的换算关系如何?
3. 什么叫标准大气压?它用什么符号表示?它与工程制压力单位如何换算?
4. 什么叫绝对压力?什么叫表压力?二者之间如何换算?
5. 表压力与绝对压力真空度之间的关系是什么?
6. 在大气压力为740mmHg的地方,用压力表测得氟瓶内制冷剂有压力为0.3MPa,求此时瓶内制冷剂的绝对压力为多少MPa。
7. 密度、质量体积的定义及单位是什么?二者的关系用数学式如何表示?
8. 什么是热量?热量的国际单位与工程单位制如何进行换算?
9. 什么叫冷吨?美制冷吨与日制冷吨比较,哪个单位时间内放热量大?
10. 内能、焓和熵的定义是什么?什么叫比焓、比熵?二者的单位是什么?
11. 热力循环和制冷循环的定义是什么?
12. 什么是卡诺循环和逆卡诺循环?
13. 什么是临界状态?纯水的三相点温度值、压力值各为多少?
14. 什么是节流?什么叫等焓节流?

第二章 制冷原理与制冷系统

第一节 制冷原理

根据热力学第二定律, 热量不会自发地从低温物体转移到高温物体, 欲使热量从低温物本转移到高温物体, 必须消耗外界功。制冷机就是消耗外界功将低温物体的热量转移到高温物体的一种装置, 称为制冷装置。

制冷装置按工作原理分, 有蒸气压缩式、吸收式、蒸气喷射式等。

一、蒸气压缩式制冷装置工作原理

蒸气压缩式制冷装置工作原理如图 2-1 所示。液体制冷剂从低温热源蒸发器中, 吸收被冷却物热量汽化之后, 变成低温低压的制冷剂蒸气, 被压缩机吸入, 在汽缸中受到压缩, 温度、压力均有升高, 然后排至冷凝器中。在冷凝器中受到冷却水或空气的冷却而放出凝结热, 自身变成冷凝压力下的饱和液体。液体经节流减压到蒸发压力。在节流中的节流损失是以牺牲制冷剂的内能作为代价, 所以节流后的制冷剂温度也下降到蒸发温度。节流后的汽液混合物进入蒸发器, 由于面积增大, 被冷却物提供热量, 故制冷剂蒸发器中汽化, 吸收大量的汽化潜热使被冷物温度降低。汽化后的制冷剂, 又被冷冻机吸走, 完成一个热力循环。由于制冷剂连续不断地循环, 被冷物的热量不断地被带走, 从而获得低温, 以此达到制冷的目的。

二、吸收式制冷工作原理

吸收—扩散式制冷装置的工作原理主要是利用热虹吸来代替泵推动溶液循环, 在蒸发器中利用氢气扩散原理使制冷剂分压力突降来实现沸腾, 从而达到制冷的目的。

图 2-2 所示为吸收—扩散式制冷装置的原理图。装置中充注三级分工质: 制冷剂氨、吸收剂水、扩散剂氢。整个装置中没有机械运动部件, 也不需要任何机械能驱动。只要提供适当的热源 (燃气、电能), 就能使装置中的工质不断循环, 经过吸热和放热过程而产生制冷效果。因此。它可以作为吸收式冰箱的制冷机组, 制成无噪声、无振动的家用冰箱。

吸收—扩散式制冷装置的工作原理是: 用热源 1 对发生器 2 进行加热, 使氨水浓溶液沸腾, 产生氨和水的混合蒸气上升至气液分离器 3, 分离出的水滴在重力作用下进入下降管 10; 氨蒸气和水蒸气继续上升进入精馏器 4; 散去部分热量后, 一部分水蒸气冷凝成液体后返回气液分离器, 提高纯度的氨蒸气上升进入冷凝器 5, 并被冷凝成氨液: 氨液沿着倾斜管进入蒸发器 6, 在蒸发器中氨和氢混合气体的总压力为 1.372MPa , 其中氢的分压力为

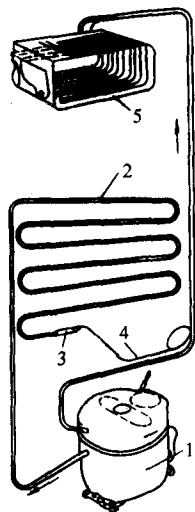


图 2-1 蒸气压缩式制冷原理

- 1—全封闭式压缩机 2—冷凝器 3—干燥过滤器
4—毛细管 5—蒸发器