

全国中等职业学校骨干教师推荐教材
根据教育部最新教学指导方案编写

Dianbingxiang

kongtiaoqi yuanli yu weixiu ji shixun

电冰箱、空调器原理 与维修及实训

康景献 主编



电子科技大学出版社

电冰箱、空调器原理与维修及实训

(按姓名笔画为序)

主 编 康景献

副主编 马 庆 张树周 张 琦 李书明

姚先知 段现顺 赵孝阳 康景峰

编 委 万建民 朱红卫 何建军 张 荣

张理文 杨明辉 杨美华 聂运刚

梁树培

电子科技大学出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

电冰箱、空调器原理与维修及实训 / 康景献主编. — 成都: 电子科技大学出版社, 2008.8

ISBN 978-7-81114-964-7

I. 电… II. 康… III. ①冰箱—理论—专业学校—教材②冰箱—维修—专业学校—教材③空气调节器—理论—专业学校—教材④空气调节器—维修—专业学校—教材 IV. TM925

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 128968 号

内 容 简 介

本书参照教育部颁布的中等职业学校电类专业制冷技术课程教学大纲, 以及制冷行业的职业技能鉴定规范及技术工人等级考核标准, 根据近几年职业教育改革形势, 贯彻落实“以服务为宗旨, 以就业为导向, 以能力为本位”的职业教育办学指导思想等要求编写而成。本书主要内容包括: 电冰箱和空调器的基础知识; 电冰箱和空调器的原理和维修; 小型冷库、小型中央空调、汽车空调器的基本知识及应用; 制冷与空调设备维修专用工具; 制冷系统维修的基本操作、基本经验及实际技能训练等。为了加强实践性教学环节, 在介绍基础知识的同时, 还设计了大量的技能训练内容。

本书内容新颖、通俗易懂、图文并茂、实用性强。可作为中等职业学校电子电器应用与维修、电子技术应用及相关专业的教学用书, 也可作为电冰箱的生产、维修专业技术人员岗位培训教材或参考用书。

电冰箱、空调器原理与维修及实训

康景献 主编

出 版: 电子科技大学出版社 (成都市一环路东一段 159 号电子信息产业大厦 邮编: 610051)
策划编辑: 李小锐
责任编辑: 李小锐 张 鹏
主 页: www.uestcp.com.cn
电子邮箱: uestcp@uestcp.com.cn
发 行: 电子科技大学出版社发行部
印 刷: 四川省地质矿产局测绘队印刷厂
成品尺寸: 185mm×260mm 印张 12 字数 295 千字
版 次: 2008 年 8 月第一版
印 次: 2008 年 8 月第一次印刷
书 号: ISBN 978-7-81114-964-7
定 价: 22.50 元

■ 版权所有 侵权必究 ■

- ◆ 本社发行部电话: 028-83202463; 本社邮购电话: 028-83208003。
- ◆ 本书如有缺页、破损、装订错误, 请寄回印刷厂调换。
- ◆ 课件下载在我社主页“下载专区”。

前 言

随着科技发展、社会进步和人民生活水平的不断提高，电冰箱、空调器早已进入普通百姓家，社会对制冷设备的安装、保养、维修、调试等方面的技术人才的需求也与日俱增，为了满足和适应社会对此类人才的需求，以及各级各类职业学校的毕业生必须取得相应的职业资格证书才能上岗就业的需要，我们组织了全国各省、直辖市的具有丰富教学和实践经验的国家级骨干教师，编写了《电冰箱、空调器原理与维修及实训》这本教材。

本教材在编写过程中，具有以下突出特点：

一、突出教材的实用性

在保证必要的基础技能训练和教材体系的基础上，在不超过教学大纲的前提下，增加了新技术、新工艺、新材料的教学和训练，摒弃过去教科书中较陈旧的知识 and 工艺内容。

二、紧扣国家初级、中级制冷工技能鉴定标准，进一步适合“双证制”考试

在知识、技能要求的深度和广度上，以国家技能鉴定中心颁发的初级、中级制冷工技能鉴定要求为依据。在内容安排上，按照由浅入深、由易到难、由初级到中级的顺序进行讲授和训练。

三、动手能力与规范化操作的培养

编写过程中，没有冗余的理论讲解，强调“理论够用，重在技能”的原则。重点章节安排了大量技能训练内容，各学校在保证不降低训练要求的前提下，可根据自身的实训条件安排技能训练，还可利用生产实习增强本课程的技能操作训练。

四、模块化编写体例

书中每一个项目都是一个独立的模块，方便教师采用“项目驱动式”教学法来教学。

本教材主要分为五大部分。第一部分由赵孝阳、段现顺老师编写；第二部分由马庆、张琦老师编写；第三部分由康景峰、姚先知老师编写；第四部分由康景献老师编写；第五部分由李书明、张树周老师编写，全书由康景献老师负责统稿。

由于编写时间仓促，编者水平有限，书中难免有不足之处，恳请专家和同行批评指正。

编 者

2008年7月

目 录

第一部分 制冷基础知识	1
任务一 温度的测量	1
教学目的	1
基本理论	1
基本技能	2
思考题	3
任务二 压力的测量	4
教学目的	4
基本理论	4
基本技能	8
思考题	8
任务三 观察物质状态变化的现象	9
教学目的	9
基本理论	9
基本技能	10
思考题	11
任务四 认识制冷	12
教学目的	12
基本理论	12
思考题	15
任务五 制冷剂	16
教学目的	16
基本理论	16
思考题	19
任务六 冷冻油的选用	20
教学目的	20
基本理论	20
思考题	22
第二部分 制冷专用工具及操作	23
任务一 管道的加工	23
教学目的	23
基本理论	23
基本技能	26
思考题	26
任务二 焊接工艺	27

教学目的	27
基本理论	27
基本技能	32
思考题	34
任务三 仪器、仪表的使用	35
教学目的	35
基本理论	35
基本技能	39
思考题	40
第三部分 电冰箱	41
任务一 认识电冰箱	41
教学目的	41
基本理论	41
基本技能	47
思考题	47
任务二 电冰箱的整体结构	48
教学目的	48
基本理论	48
基本技能	52
思考题	52
任务三 电冰箱的制冷原理	53
教学目的	53
基本理论	53
基本技能	55
思考题	55
任务四 压缩机的检修	56
教学目的	56
基本理论	56
基本技能	59
思考题	60
任务五 冷凝器、蒸发器的检修	61
教学目的	61
基本理论	61
基本技能	65
思考题	66
任务六 干燥过滤器、毛细管的检修	67
教学目的	67
基本理论	67
基本技能	68

思考题	69
任务七 温控器、启动器、过载保护器的检修	70
教学目的	70
基本理论	70
基本技能	77
思考题	81
任务八 化霜电路、风扇电路、控制电路故障的检修	82
教学目的	82
基本理论	82
基本技能	84
思考题	86
任务九 制冷系统制冷剂泄漏故障检修	87
教学目的	87
基本理论	87
基本技能	93
思考题	95
任务十 电冰箱脏堵故障检修	96
教学目的	96
基本理论与技能	96
任务十一 电冰箱冰堵故障检修	100
教学目的	100
基本理论与技能	100
任务十二 电冰箱的维修方法及常见故障原因	101
教学目的	101
基本理论	101
基本技能	111
阅读材料	116
第四部分 空调器	120
任务一 空调器的基础知识	120
教学目的	120
基本理论	120
基本技能	125
思考题	125
任务二 窗式空调器	126
教学目的	126
基本理论	126
基本技能	128
思考题	129
任务三 分体式空调器	130

教学目的	130
基本理论	130
基本技能	132
思考题	137
任务四 空调器的元器件及控制电路	138
教学目的	138
基本理论	138
基本技能	143
思考题	145
任务五 空调器的故障检修	146
教学目的	146
基本理论	146
基本技能	159
思考题	165
第五部分 其他制冷设备	166
任务一 小型冷库概述	166
教学目的	166
基本理论与技能	166
任务二 汽车空调器	172
教学目的	172
基本理论与技能	172
任务三 小型中央空调器	177
教学目的	177
基本理论与技能	177
参考文献	181

第一部分 制冷基础知识

任务一 温度的测量

教学目的

- 1. 理解温度的定义
 - 2. 掌握温度的种类及测量方法

基本理论

一、温度的概念

一般说来，温度是指用温度计对一个物体的热的程度或冷的程度的度量。

宏观上的温度是表示物体冷热程度的物理量；微观上的温度标志物质内部大量分子热运动的激烈程度，即物体的温度反映了物体内部分子运动平均动能的大小。分子运动愈快，物体愈热，即温度愈高；分子运动愈慢，物体愈冷，即温度愈低。

温度可以用温度计来测量，当温度计与被测物体之间不再有热量传递时，或者说达到热平衡时，温度计的指示值不再变化，此指示值就是被测物体的温度。如图 1.1 所示为常用的温度计。

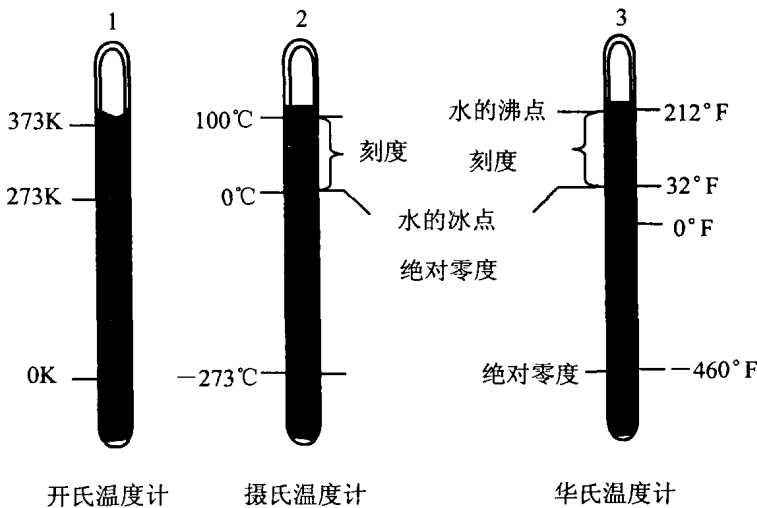


图 1.1 常用的温度计

二、温度的种类

在国际单位制中，理论上采用热力学温度，又称开尔文温度；日常生活中采用摄氏温度；欧美一些国家采用华氏温度。

1. 绝对温度

绝对温度（又称开氏温度）是根据物理学原理推导出来的最低温度，即物质内部分子运动速度为零时所对应的温度。以绝对度为起点的温度标准叫绝对温度，以符号 T 表示，单位用符号 K 表示。在标准大气压下，水结冰时的绝对温度为 $273K$ ，水沸腾时的绝对温度为 $373K$ 。

2. 摄氏温度

摄氏温度是最常用的一种温度，以符号 t 表示，单位为 $^{\circ}C$ ；在一个标准大气压下，把纯水的冰点温度定为 $0^{\circ}C$ ，沸点温度定为 $100^{\circ}C$ ，其间分成 100 等份，每一等份就叫 $1^{\circ}C$ 。若温度低于 $0^{\circ}C$ 时，应在温度数字前面加“-”号。

3. 华氏温度

华氏温度的温度单位为 $^{\circ}F$ 。在标准大气压下，把水结成冰时的温度规定为 $32^{\circ}F$ ，水沸腾时的温度定为 $212^{\circ}F$ ，在 $32^{\circ}F$ 与 $212^{\circ}F$ 之间，平均分成 180 等份，每一份叫做 $1^{\circ}F$ 。

$$T = 273 + t \text{ (K)} \text{ 或 } t = T - 273 \text{ (}^{\circ}C\text{)};$$

$$^{\circ}F = 9/5^{\circ}C + 32 \text{ 或 } ^{\circ}C = 5/9 (^{\circ}F - 32)。$$

三、温度的测量

温度只能通过物体随温度变化的某些特性来间接测量，用以测量温度的仪表称为温度计，温度计是测温仪器的总称。根据所用测温物质的不同和测温范围的不同，有煤油温度计、酒精温度计、水银温度计、气体温度计、电阻温度计、温差电偶温度计、辐射温度计和光测温度计等。

常用的温度计有：玻璃棒温度计（如水银温度计、酒精温度计）、压力式温度计、半导体温度计和温差电偶温度计。电冰箱常用玻璃棒温度计。

玻璃液体温度计：结构如图 1.2 (a) 所示。

电接点玻璃水银温度计：形状如图 1.2 (b) 所示。

压力式温度计：结构如图 1.2 (c) 所示。

玻璃棒温度计内充水银或乙醇等液体。一般水银温度计用于 $-30^{\circ}C \sim 300^{\circ}C$ ，乙醇温度计用于 $-100^{\circ}C \sim 75^{\circ}C$ 。

基本技能

1. 认识常用的温度计。
2. 练习温度的测量。

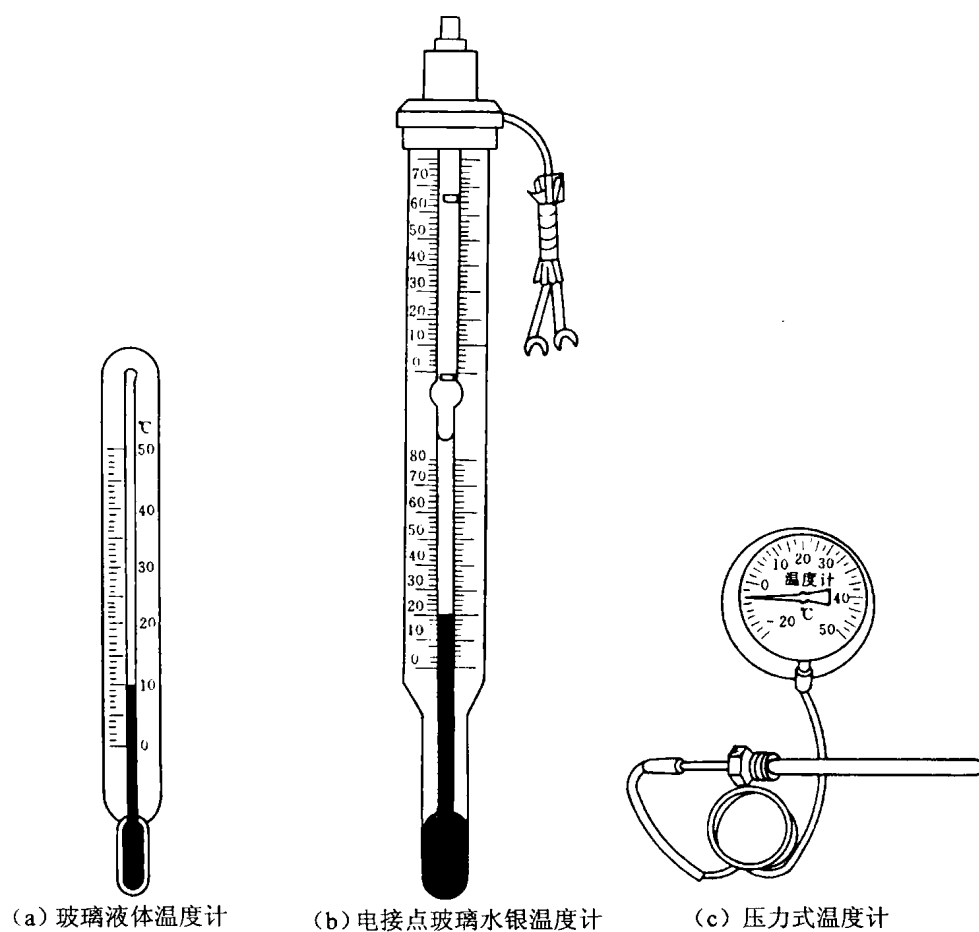


图 1.2 温度计

思考题

简述三种温度的定义及相互关系。

任务二 压力的测量

教学目的

1. 理解压力的概念
2. 掌握压力的种类及测量方法

基本理论

一、压力的概念

物理学中,把单位面积上所承受的垂直作用力称为压强,在制冷、空调工程中就称为压力。气体的压力是大量气体分子热运动时对壁面撞击的结果。工程上压力常以符号 P 表示。

地球表面的空气层在单位面积上所形成的压力称为大气压力,简称大气压。大气压用符号 B 表示,大气压随地理位置、海拔高度及气候条件的不同而有所变化,海拔高的地区大气压力小,同一地区冬天平均大气压较夏天大;即使是同一地区的同一天,由于天气的变化,大气压力也有微小的变化。

在国际单位中,力的单位是牛顿(N),面积的单位用平方米(m^2),压力的单位是帕斯卡,简称帕,即牛顿/米²。用符号 Pa 表示为:

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

在制冷技术中,有时 Pa 太小,我们还经常采用兆帕(MPa)单位。

$$1\text{MPa}=10^6\text{Pa}$$

二、压力的种类

在实际应用中,压力有表压力和绝对压力之分。

由于测量和计算的需要,在工程上气体的压力有绝对压力、表压力和真空度之分。各种压力间的关系如图 1.3 所示。绝对压力是指容器内的气体或液体对于容器内壁的实际压力,用符号 $P_{\text{绝}}$ 表示。而气体的压力大小常用具有弹簧管式的压力表来测量。具有弹性的弯管(弹簧管)顶端焊死,另一端固定在压力表表壳的接头上。弹簧管外为当地大气压力 B ,管内接被测压力的制冷剂气体。当管内外有压力差时,弹簧管会产生伸直或弯曲的变形,其被焊死的顶端一自由端产生位移,并借助杠杆系统带动指针偏转,在压力表表面的压力刻度盘上指示出压力的读数,这个读数就是表压力,表压力用符号 $P_{\text{表}}$ 来表示。表压力是指绝对压力与当地大气压力之差,它们之间有如下关系式:

$$P_{\text{表}}=P_{\text{绝}}-B \quad \text{或者} \quad P_{\text{绝}}=P_{\text{表}}+B$$

由此可见,压力表上的读数即为表压力的大小。在工程上常用表压力,但在制冷工程

的计算上必须采用绝对压力。

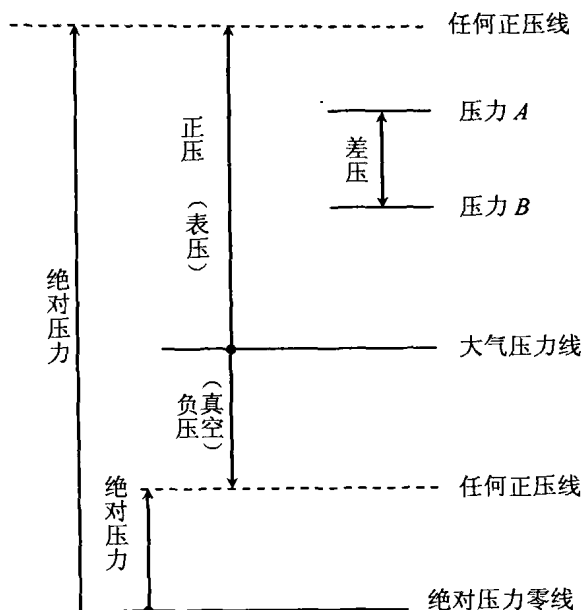


图 1.3 各种压力间的关系

当密闭容器中气体压力（绝对压力）低于大气压力时，大气压力与容器内气体压力之差即称为真空度，用符号 $P_{\text{真}}$ 表示它们之间有如下关系式：

$$P_{\text{真}} = B - P_{\text{绝}}$$

由上式可知，密闭容器中真空度 $P_{\text{真}}$ 越大，则其内绝对压力 $P_{\text{绝}}$ 越小。在工程上，用于测量高于大气压力的压力仪表称为压力表，用于测量低于大气压力的压力仪表称为真空表。如图 1.4 所示压力表既可测量高于大气压的压力大小，又可以测量低于大气压力的真空度大小，这种压力表叫做连程压力表，也可以称为真空压力表。

用 U 形压力计测量系统压力的方法如下：当 U 形管两边接口均与大气相通时，两端液体受当地大气压力的作用，液柱高度相等。

若将管的右端与受压缩气体的密闭容器相连时，右端的液柱向左压，两端形成液位差，如图 1.4 所示。容器内绝对压力越大，则液位差 h 越高， h 表示容器内压力大于大气压 B 的数值，这个差值 h 就是表压力。

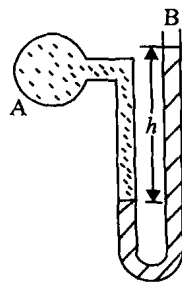


图 1.4 U 形压力计

$$P_{\text{绝}} = B + h$$

如果容器内绝对压力小于大气压力，在大气压 B 的作用下，左端的液柱向右压，容器内绝对压力越小，两端的液位差 h 越大， h 就是真空度。

三、压力的测量

用来测量气体或液体压力的工业自动化仪表，又称压力表或压力计。压力表可以指示、记录压力值并可附加报警或控制装置。仪表所测压力包括绝对压力、大气压力、正压力（习

惯上称表压)、负压(习惯上称真空)和差压。工程技术上所测量的多为表压。压力的国际单位为帕(Pa)。压力的其他单位(非法定计量单位)还有:千克力/平方厘米(kgf/cm²)、巴(bar)、毫米水柱(mmH₂O)、毫米汞柱(mmHg)(即托)等。

压力是工业生产中的重要参数。如高压容器的压力超过额定值时便是不安全的,必须进行测量和控制。在某些工业生产过程中,压力不仅直接影响产品的质量和生产效率,如生产合成氨时,氮和氢不仅需在一定的压力下合成,而且压力的大小直接影响产量的高低。此外,在一定的条件下,测量压力还可以间接得出温度、流量和液位等参数。

1. 简史

1643年,意大利人E.托里拆利首先测定标准的大气压力值为760mmH₂O,奠定了液柱式压力测量仪表的基础。1847年,法国人E.波登制成的波登管压力表,由于结构简单、实用,很快在工业中获得广泛应用,一直是常用的压力测量仪表。20世纪上半叶出现远传压力表和电接点压力表,从而解决压力测量值的远距离传送和压力的报警、控制问题。20世纪60年代以后,为适应工业控制、航空工业和医学测试等方面的要求,压力测量仪表日益向体积轻巧、耐高温、耐冲击、耐振动和数字显示等方向发展。

2. 分类

压力测量仪表按工作原理分为液柱式、弹性式、弹簧管压力表、负荷式和电测式等类型。

(1) 液柱式压力测量仪表

液柱式压力测量仪表常称为液柱式压力计。它是以一定高度的液柱所产生的压力与被测压力相平衡的原理测量压力的。多数是一根直的或弯成U形的玻璃管,其中充以工作液体。常见的有单管压力计、U形压力计。常用的工作液体为蒸馏水、水银和酒精。因玻璃管强度不高并受读数限制,所测压力一般不超过0.3MPa。它的特点是灵敏度高。液柱式压力计主要用作实验室中的低压基准仪表,以校验工作用压力测量仪表。由于工作液体的重度在环境温度、重力加速度改变时会发生变化,对测量的结果常需要进行温度和重力加速度等方面的修正。

(2) 弹性式压力测量仪表

弹性式压力测量仪表是利用各种不同形状的弹性元件在压力下产生变形的原理制成的压力测量仪表。按采用的弹性元件不同分为弹簧管压力表、膜片压力表、膜盒压力表和波纹管压力表等;按功能不同分为指示式压力表、电接点压力表和远传压力表等。这类仪表的特点是结构简单,结实耐用,测量范围宽(-0.1~1500MPa),是压力测量仪表中应用最多的一种。

(3) 弹簧管压力表

弹簧管压力表又称为波登管压力表,如图1.5所示。压力表中的弹簧的自由端是封闭的,它通过拉杆带动扇形齿轮转动。测压时,弹簧管在被测压力作用下产生变形,因而弹簧管自由端产生位移,位移量与被测压力的大小成正比,使指针偏转,在度盘上指示出压力值。如果表壳内通有大气,压力表测出的压力为正压或负压;如果将表壳密封并抽成真空,压力表测出的压力就是绝对压力。弹簧管压力表带有隔离装置时,尚可测量温度较高或具有腐蚀性、黏稠状、易结晶和粉尘状介质的压力。在精确度较高(如0.25级以上)的

弹性式压力测量仪表中，弹性元件多用恒弹性合金甚至石英玻璃制成。传动机构的轴孔中镶嵌宝石轴承或滚动轴承。度盘标尺长，有的还能进行数字显示。

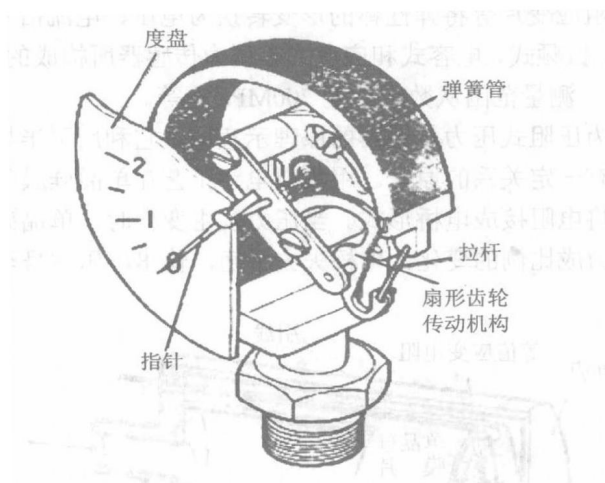


图 1.5 弹簧管压力表结构图

（4）负荷式压力测量仪表

负荷式压力测量仪表常称为负荷式压力计。它是直接按压力的定义制作的，常见的有活塞式压力计、浮球式压力计和钟罩式压力计。

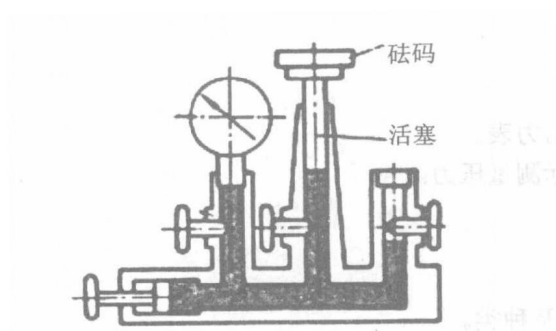


图 1.6 活塞式压力计结构图

如图 1.6 所示为活塞式压力计的结构示意图。砝码和活塞系统的重力作用于工作介质（油或气），产生的压力按帕斯卡原理（见流体静力学）传至压力计各处，其值等于砝码和活塞系统的重力除以活塞有效面积。调整砝码即可获得不同的压力值。由于活塞和砝码均可以精确加工和测量，这类压力计误差很小，主要作为压力基准仪表使用，测量范围从数十帕至 2500MPa。提供的标准压力值为断续值，故操作较复杂。当活塞式压力计的精确度在 0.05 级以上时，则需要对测量结果进行修正。修正的内容有环境温度变化引起的活塞有效面积变化的影响、空气浮力的影响、活塞底部和被校仪表中心的高度差的影响等。压力高于 25MPa 时，尚须考虑高压时活塞杆变形造成的误差的修正。

(5) 电测式压力测量仪表

这类仪表利用金属或半导体的物理特性直接将压力转换为电压、电流信号或频率信号输出，或是通过电阻应变片等将弹性体的形变转换为电压、电流信号输出。代表性产品有由压电式、压阻式、振频式、电容式和应变式等压力传感器所构成的电测式压力测量仪表。精确度可达 0.02 级，测量范围从数十帕至 700MPa 不等。

如图 1.7 所示为压阻式压力传感器的原理示意图。它利用了半导体材料硅受压后电阻率改变与所受压力有一定关系的原理。用集成电路工艺在单晶硅膜片的特定晶向上扩散一组等值应变电阻，将电阻接成电桥形式。当压力发生变化时，单晶硅产生应变，应变使电阻值发生与被测压力成比例的变化，电桥失去平衡，输出电压信号至显示仪表显示。

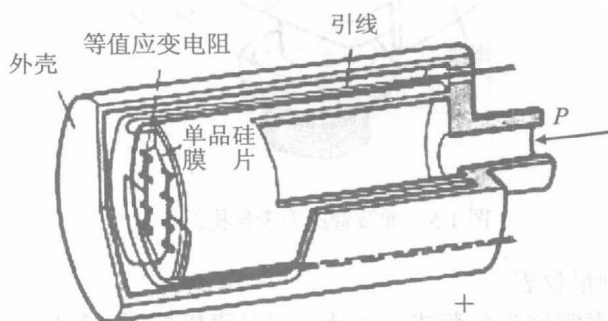


图 1.7 压阻式压力传感器的原理示意图

基本技能

1. 认识常用的压力表。
2. 用压力表实际测量压力。

思考题

简述压力的定义及种类。

任务三 观察物质状态变化的现象

教学目的

1. 理解物质状态变化的概念
2. 掌握汽化、液化的概念及热量的传递

基本理论

一、物态变化

自然界中，物质在通常状态下呈现出三种不同的状态，即固态、液态和气态。

物体由一种状态变成另一种状态称为相变或物态变化，这种状态之间的变化都伴有热量的转移。如图 1.8 所示。

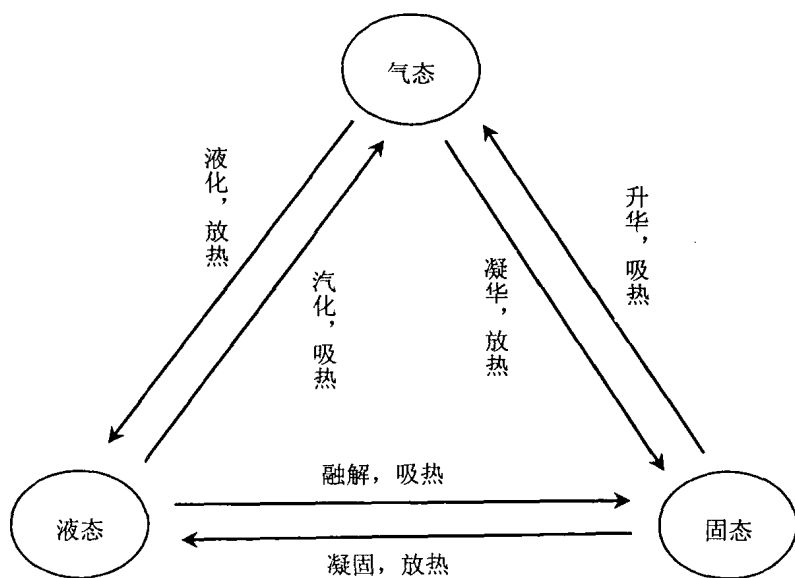


图 1.8 物态变化与热量转移

同一种物质在不同的条件下，由于分子间作用力和分子热运动的结果，也会分别以不同的状态存在。物质由液态变成气态的过程叫做汽化。汽化现象有两种表现形式：一种是指在任何温度下（只要低于临界温度）液态物质表面进行的汽化现象叫做蒸发；另一种是指在一一定的条件下（沸点）液态物质的内部和表面同时进行的汽化现象叫做沸腾。制冷技术中使用的“蒸发”概念，通常表示的是沸腾；反之，物质由气态变成液态的过程叫做液化，液化是汽化的逆过程，制冷技术中使用“冷凝”概念，通常表示的是液化。人为控制