

◁ 丛书 ▷

# 家用电器维修技术入门

## 电冰箱的维修

《家用电器》杂志编辑部主编



*JIA DIAN*  
*WEI XIU*

025.2

北京科学技术出版社

## 内 容 简 介

本书详细地介绍了压缩式电冰箱的制冷基本原理、电冰箱的种类与结构、电冰箱的制冷系统和自动控制系统。从实用性出发，书中以大量篇幅介绍了电冰箱的修理技术，其中包括电冰箱常见故障的判断、检查与修理、实例分析。并且在书的最后还介绍了电冰箱的选购、使用与维护的一般知识。本书通俗易懂、适用于初中文化程度的读者。

本书可作为广大家用电器维修人员参考学习，可用作家用电器学习班和军地两用人材培训班的教材，也可作为广大电器爱好者和用户的自学读本。

家用电器维修技术入门丛书

### 电冰箱的维修

《家用电器》杂志编辑部主编

\*

北京科学技术出版社出版

(北京西直门外南路19号)

新华书店首都发行所发行 各地新华书店经销

涿县印刷厂印刷

\*

787×1092毫米 16开本 8.75印张 201,000字

1987年3月第一版 1987年3月第一次印刷

印数 1—37,500册

统一书号15274·058 定价：2.00元

## 出版说明

随着我国经济的迅速发展,家用电器在城乡广大居民中越来越得到广泛的应用。这样就要求家用电器的维修服务必须与此相适应。本丛书是在有关方面的建议下,为满足读者需要,配合职业教育的发展,由“家用电器”杂志编辑部组织编写,北京科学技术出版社出版发行的。

本丛书包括常用的家用电器,例如洗衣机、电冰箱、收录机、黑白与彩色电视机、音响设备、电风扇、电热器具等,共有八分册。各分册将在今年上半年开始陆续出版发行。每分册介绍一种(或一类)家用电器的维修技术,系统地讲解其基本原理、结构类型、性能指标、故障分析和维修方法。编写过程中参考了职业高中的教学大纲和有关书刊杂志,在这里谨向有关作者表示感谢。本丛书力求做到深入浅出,通俗易懂,解决实际问题。务使读者在短时间内掌握基本的家用电器知识和维修技能。

参加本丛书选题、组稿、编写、审稿等工作的同志有(按姓氏笔划排列):丰金玲、王伦、王军伟、王新明、王毅青、艾伦、卢旭生、刘胜利、刘竑、沈大林、李永刚、吴玉琨、钟载传、耿秋晨、杨胜伟、潘月琴。

本丛书可做为职业高中家用电器专业,部队培训军地两用人材,维修服务业培训学习的教材,也可做为广大家用电器爱好者和用户的自学读本。

由于编者水平所限,时间仓促,书中错误或不当之处在所难免,热诚希望读者批评指正。

## 前 言

在我国，随着四化建设的开展，家用电器的生产方兴未艾，前途无量。随着人民生活水平的不断提高，家用电器迅速跨进千千万万个家庭，电冰箱已成为人们生活中的必需品。广大用户迫切需要了解 and 掌握电冰箱制冷的工作原理，以及怎样正确的使用、维护。为了培养更多地专业和业余维修人员，我们在家用电器维修技术培训班讲义的基础上，编写了一套讲述家用电器原理和维修技术的函授教材。《电冰箱的维修》是其中一本。

本书共分九章，以通俗的语言，重点叙述了电冰箱制冷的工作原理、电冰箱常见故障及排除方法，以及电冰箱的正确选购、使用、维护。为了使读者能够掌握更多地实际维修技能，书中分析了典型机型的工作原理，并列举了大量维修方法、经验，供检修人员实际操作时参考。

本教材在编写过程中参考了国内外大量有关资料和已发行的书刊（见参考文献），在此向这些书籍、资料的作者们表示谢意。

《家用电器》杂志编辑部

一九八六年四月

# 《电 冰 箱 的 维 修》

## 目 录

### 第一章 家用电冰箱的发展概况和发展趋势

第一节 电冰箱的发展概况..... ( 1 )

第二节 电冰箱的发展趋势..... ( 2 )

### 第二章 制冷的基础知识

第一节 物质的三态..... ( 4 )

第二节 流体的基本状态参数..... ( 5 )

第三节 理想气体的状态方程..... ( 11 )

第四节 热力学第一定律..... ( 12 )

第五节 膨胀功与示功图..... ( 14 )

第六节 显热和潜热..... ( 15 )

### 第三章 制冷剂状态

第一节 在定压条件下加热或冷却时制冷剂状态的变化..... ( 17 )

第二节 饱和蒸气、饱和温度和饱和压力..... ( 18 )

第三节 制冷剂状态的术语..... ( 19 )

第四节 蒸发和冷凝..... ( 20 )

第五节 制冷剂特性表..... ( 21 )

### 第四章 电冰箱的性能、种类、原理、结构

第一节 电冰箱型号的命名方法..... ( 25 )

第二节 电冰箱的规格..... ( 25 )

第三节 电冰箱的“★”星式表示法..... ( 25 )

第四节 电冰箱的分类..... ( 26 )

第五节 电冰箱的制冷原理..... ( 29 )

第六节 电冰箱的结构..... ( 32 )

## 第五章 压缩式电冰箱的制冷系统

第一节 制冷系统的结构及工作原理····· ( 36 )

第二节 制冷系统的典型结构····· ( 47 )

## 第六章 压缩式电冰箱的自动控制系统

第一节 电冰箱内的控制装置····· ( 51 )

第二节 自动控制系统····· ( 57 )

第三节 电冰箱的典型控制电路····· ( 71 )

## 第七章 压缩式电冰箱的修理技术

第一节 电冰箱的正常工作状态····· ( 77 )

第二节 修理电冰箱使用的工具····· ( 78 )

第三节 修理电冰箱的一些基本操作技术····· ( 80 )

## 第八章 电冰箱常见故障的判断、检查与修理

第一节 检查电冰箱故障常用的方法····· ( 92 )

第二节 简单故障的检查与排除····· ( 93 )

第三节 电冰箱常见故障的判断、检查与修理····· ( 94 )

第四节 电冰箱故障检修实例····· ( 104 )

第五节 充灌制冷剂故障的排除····· ( 109 )

第六节 吸收式冰箱的使用和检修····· ( 112 )

## 第九章 电冰箱的选购、设安、使用、维护

第一节 电冰箱的选购····· ( 115 )

第二节 电冰箱的正确搬运····· ( 118 )

第三节 电冰箱的安设····· ( 118 )

第四节 电冰箱的使用····· ( 120 )

第五节 电冰箱的维护····· ( 125 )

## 附录

(一) 电冰箱常见故障及排除方法速查表····· ( 127 )

(二) 国产电冰箱型号、规格、价格一览表····· ( 131 )

(三) 计量单位换算····· ( 134 )

(四) 主要参考资料····· ( 134 )

# 第一章 电冰箱的发展概况和发展趋势

## 第一节 电冰箱发展概况

我国人民在很早以前就知道,适当的低温环境,可以防止食物腐败变质,而且采用天然冰来提供这种低温,保存食物。《诗经》中就曾提到过窖冰。《周礼》中更有“古代国家,冬季取冰,藏之凌阴、为消暑之用”的记载,所谓凌阴,就是冰窖。战国时代,在《楚辞招魂》中还吟道:“挫糟冻饮、酎清凉兮”,讲的是“冰镇的糯米酒啊,喝起来又香又清凉”。到了唐朝,冰镇饮料已相当普遍,当时有名的“槐叶冷淘”,即冰镇的加糖槐叶汁。

在我国历史上记载的所谓“冰鲜船”,就是渔民在冬季将冰贮藏在船舱内,把捕捞的鱼冷藏起来。

十八世纪,在国外由于商业利益的刺激,利用天然冰保存食物逐渐发展为一种专门的行业。

由于天然冰在采取、保存、使用的环节上存在种种缺点,促使人民开始研究人工方法制冷(制冰)的技术,以便制造出性能更符合使用要求的冰箱来。1820年,人工制冷的实验首次获得成功,第一次制出了人造冰。1910年,机械式家庭制冷装置(家用冰箱)首次在美国出现。从1918年才正式生产开启式家用电冰箱。1920年出现了封闭式电冰箱,家用冰箱制造业在美国迅速发展成为一个重要工业部门。1927年出现了家用吸收式制冷机。

这一时期制冷剂的研究也获得了进展。二氧化硫曾是早年最常使用的制冷剂之一,但它的臭鸡蛋味使人十分讨厌。美国一家电气公司经过一系列研究终于发现了新的制冷剂—氟里昂。这项研究最终由小托马斯·米杰里完成。新型制冷剂氟里昂—12于1931年获得专利并开始在工业上应用。由于氟里昂制冷剂的出现促进了压缩机的发展,促进了压缩式冰箱的发展。

1944年,美国已有45家公司,年产冰箱达125万台。

第二次世界大战前,意、德、英、法等西欧国家与日本,冰箱制造业的雏型均已形成。如日本1930年开始仿制美国产品,1932年三菱公司年产量为200台,1937年全日本年产冰箱约2000台。

第二次世界大战后,各国冰箱制造业很快从战时的凋蔽状态恢复起来。到五十年代初,冰箱制造的工艺水平及产量均已超过战前。六十年代,不少国家冰箱产量超过百万大关。七十年代以来,世界冰箱的生产有了更大的发展。表1为1978年世界几个主要冰箱生产国的冰箱产量。表2为1978年几个国家的冰箱普及率。

1978年世界几个主要冰箱生产国的冰箱产量(万台)

表 I

| 国 家 | 苏 联   | 美 国 | 意 大 利 | 日 本 |
|-----|-------|-----|-------|-----|
| 产 量 | 606.9 | 589 | 480   | 456 |

1978年八个国家的冰箱普及率(%)

表 II

| 国 家   | 美 国  | 日 本  | 意 大 利 | 西 欧 | 苏 联 |
|-------|------|------|-------|-----|-----|
| 普 及 率 | 99.9 | 99.5 | 95    | 94  | 78  |

我们国家解放前,没有电冰箱生产这个行业,解放后才开始发展。从1954年到1956年,北京市医疗器械厂和沈阳医疗器械厂试制成功我国最早的第一台开启式电冰箱。1957年由天津医疗器械厂和北京医疗器械厂试制成功我国的全封闭式电冰箱。

最近几年,特别是党的十一届三中全会以来,随着国民经济的发展和人民生活水平的逐步提高,电冰箱的生产和使用都得到了迅速的发展,至1982年底,电冰箱的全国累计总产量为42.9万台,1978年轻工业部归口管理以来,到1982年的五年里,全国电冰箱的累计产量为27.82万台,是前22年总产量的1.84倍。

1984年电冰箱产量为54万台,1985年计划生产达171万台,据中国工商银行全国电冰箱经济信息协作网预测,到1990年全国城乡电冰箱市场总需求数为809万台。

目前我国电冰箱的生产不仅在数量上与世界先进国家相比有很大差距,在质量上,与先进水平相比也有一定的差距,主要表现在关键部件,如压缩机、温度控制器的质量还没有完全过关,目前电冰箱的一些主要配套件还有相当一部分靠进口。从28个生产厂调查统计的数据来看,八五年计划产量中压缩机占91.6%;冷凝器占59.6%;蒸发器占62.6%;71.6%;温度控制器占70%。目前,国家有关部门正组织力量攻关,争取短时间内解决有关技术问题、质量问题、生产问题,以加快实现电冰箱国产化的生产水平。

## 第二节 电冰箱的发展趋势

随着人们生活水平的不断提高,对电冰箱的使用提出了更高的要求。随着新材料,新技术的不断发展,为这些要求提供了条件,使得电冰箱的发展日趋完善,向着高水平,高性能方向发展,就当前国内外电冰箱发展的趋势来看,有下面几个特点:

1、容积趋向大型化 前几年,人们选购冰箱的容积在100立升或130立升左右。最近购买大容积的冰箱越来越多,一般要求在130立升以上,就北京市每百户城区人口调查,需求双门大容积的占93.8%,并要求“一大、二双、三美”。

从国际市场上看也是如此,1960年前,冰箱的容积多在200立升以下,1960年以后,200立升以上的大冰箱越来越多,300立升的冰箱也很受欢迎。

2、趋向于多功能 在功能方面除要求冷藏和冷冻分开外，还要求设有箱外取冰，箱外取冷水，冷热水箱，既能冷冻又会产生热水。还要求有变容冰箱、电子冰箱等。

3、趋向进一步节能，发展不用电的太阳能冰箱 由于能源的危机，国外越来越多地注意到冰箱的耗电指标，同时多种能源的冰箱相继问世，如煤油、煤气、电气三用冰箱，一度曾居劣势的吸收式冰箱又有抬头之势，尤其是利用太阳能做为热源的吸收式冰箱，有着广阔的前景。

4、结构趋向于多门化 从1982年我国生产了双门冰箱（广州冰箱厂生产的双门直冷式电冰箱）投放市场后，引起了消费者的兴趣，购买双门冰箱的人越来越多。目前，国外已发展到三门、<sup>3</sup>门中门、平背式电冰箱等。

5、保温系统采用新材料 目前，国内外大部分采用聚胺脂泡沫塑料。在这种材料上采用不同的配方、不同的工艺，可以得到有较大保温差异的聚胺脂泡沫塑料。

6、箱温控制系统采用新技术 形式有多种多样，有的冰箱冷冻、冷藏采用分别控温，采用电子显示箱内温度 也有的在箱体外部安装彩灯显示。也有的冰箱装有蜂鸣器来报警。

7、箱体的装潢造型更加讲究 手柄趋向长形，装饰条开始用门框，外观色泽趋向多样化，除原来惯用的白色外，还出现了天蓝色、藕合色、咖啡色、橘黄色等。

## 第二章 基础知识

### 第一节 物质的三态

根据物质的结构学说，自然界的一切物体都是由大量分子组成的；组成物质的分子间有一定的距离；分子间有相互作用力，这种力有时表现为引力，有时表现为斥力；同时分子又处于无规则的永不停息的运动中，这种大量分子的混乱运动叫做热运动。

#### 1、分子力

物体分子间存在的斥力和引力，统称为分子力。分子力的大小与方向同分子间的距离有关，如图2—1所示图。中纵坐标正值表示斥力，负值表示引力。横坐标表示分子间的距离。由图可见，当分子间距离等于 $r_0$ 时，分子间的引力和斥力平衡，这个位置称为平衡位置， $r_0$ 大约为 $10^{-8}$ 厘米。当分子间的距离小于 $r_0$ 时，分子间的相互作用表现为斥力。斥力随分子间距离的缩小而急剧增大。这就是液体和固体很难压缩的原因；当分子间距离大于 $r_0$ 时，分子间的相互作用表现为引力。随着分子间距离的增大，引力先是增加，后来又较快的减小。引力的作用范围大约在 $10^{-8}$ 厘米至 $10^{-6}$ 厘米之间。

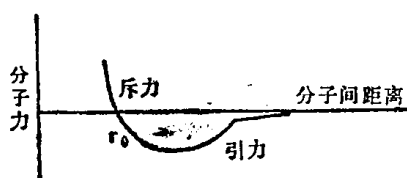


图 2-1

#### 2、分子的热运动

如果打开一瓶香水瓶的盖子，房间里很快就可闻到香水的气味。把墨水滴入一杯清水中，经过一段时间后，整杯水都会变兰。屋子里放上几块樟脑，在屋子里的人也能够闻到它的气味。这种现象称为扩散。扩散现象说明，组成物体的分子间是有一定的空隙，分子可以穿越空隙做不停的运动。如果取一滴水在显微镜下观察，可以看到墨汁小颗粒在不停地做无规则的运动（墨汁小颗粒虽然不是分子，但可以反映出水分子的运动情况。）这是由于墨汁小微粒运动时又需要与周围运动着的水分子发生碰撞，进行无损失的能量交换，微粒将沿着碰撞力较大的方向运动，因而微粒的运动方向和路线瞬息万变、毫无规则。微粒运动的无规则性，反映了水分子运动的无规则性。这一实验首先由布朗做出，所以也叫布朗运动。

悬浮在气体中的灰尘、烟雾等微粒也有类似运动，说明气体运动分子也是无规则的。

从布朗运动的实验还发现，温度愈高微粒的运动愈剧烈。这说明分子运动的剧烈程度与物体的温度有关，所以我们把大量分子的无规则运动叫做热运动。我们观察到的各种热现象乃是物质内部大量分子热运动的宏观表现，分子热运动反映着各种热现象的本质。分子具有一定的质量，又有一定的运动速度，所以也就具有一定的能量。

分子热运动对物质聚集态的影响是：热运动力图使分子相互分离，朝各个方向散开。

#### 3、物质的三态

综上所述，分子间的引力力图使分子接近到一定程度，而热运动则力图使分子散开。取决于这两种相反作用的大小和比例，物体可以以三种不同的聚集状态——固态、

液态和气态存在，并决定着物体所处聚集状态的特性和三态间的相互转化规律。

在固体内，分子间的距离最近，相互间的引力最大，它把分子束缚在平衡位置附近，热运动仅表现为在平衡位置附近的微小振动，而不能相对移动。因此，固体即有一定的体积，又有一定的形状和一定的机械强度。

在液体中，分子间的距离仍较近，分子间的引力仍较大，足以使分子之间保持一定的距离，因此，液体有固定的体积，并能形成自由表面。另一方面液体分子即可在平衡位置附近振动，又可单个的或成群的相对移动。因此，液体具有流动性而又没有一定的形状。

在气体中，分子力则由分子距离较大而很小，以至于分子不能相互约束，各个分子有相互离开的趋势。因此，气体即没有一定的形状，又没有一定的体积——可以充满任何容器。气体分子热运动的特点是作直线运动，各个分子在热运动中发生碰撞后又发生旋转运动，而组成分子的原子则同时还进行着振动。

物质的三态尽管不同，但在一定条件下，即当压力和温度变化到一定程度，物质的物态就要发生变化。例如：冰在大气压条件下温度为 $0^{\circ}\text{C}$ 时就变成水，若在大气压条件下水被加热到 $100^{\circ}\text{C}$ 时就会变成水蒸汽等。人为的控制物质所处的环境条件，我们就可以按照人们的意志改变物质的聚集状态，从而实现预期的任务。

物质聚集状态的变化称为物态变化。

## 第二节 流体的基本状态参数

在热力工程中，用来实现能量转换的物质叫做工质，如柴油机以空气为工质，蒸汽机以水蒸汽为工质，而制冷机则是以氨或氟里昂等液体为工质。在给定瞬间，工质都具有一定的状态，决定和说明工质状态的物理量称为流体或工质的状态参数。流体的基本状态参数有温度、压力和比容三个，此外还有焓、熵、内能、干度等。

### 1、温度

温度是表示物体冷热程度的物理量。如前所述，任何物质都是由大量分子组成，这些分子处于永不停息的热运动中。温度反映着分子热运动的剧烈程度。根据分子热运动原理，气体的温度与大量分子热运动的平均动能成正比，即气体分子热运动的平均动能越大，气体的温度就越高。

采用温度作为标尺来衡量物体的冷热程度时，由于规定和划分方法的不同，温度的标尺（简称温标）又分为摄氏温度，华氏温度和绝对温度，

#### （1）摄氏温度

在标准大气压下，把水结冰时的温度定为0度，水沸腾时的温度为100度，在0度与100度之间，平均分成100等份，每一份就作为一度。按这种规定和划分方法定出的温度标准我们称为摄氏温度，用符号 $^{\circ}\text{C}$ 表示。当温度低于 $0^{\circ}\text{C}$ 时，我们称零下多少度，在温度数值的前面加“-”号来表示。例如零下 $20^{\circ}\text{C}$ ，记作 $-20^{\circ}\text{C}$ 。

#### （2）华氏温度

在标准大气压下，把水结冰时的温度定为32度，沸腾时的温度定为212度，在32度与212度之间，平均分成180等份，每一份作为1度。按这种规定和划分方法定出的温度标准，我们称为华氏温度，用符号 $^{\circ}\text{F}$ 表示。

### (3) 绝对温度

绝对温度的零度是由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0时所对应的温度。以绝对0度为起点的温度标尺叫绝对温度，用符号K表示。

在标准大气压下，把水结冰时的温度定为273度，水沸腾时的温度定为373度，这样，0 K大约就是 $-273^{\circ}\text{C}$ 。

### (4) 摄氏温度、华氏温度和绝对温度之间的换算关系

1) 摄氏温度换算成华氏温度按下式计算：

$$\text{华氏温度} = \frac{9}{5} \times (\text{摄氏温度}) + 32$$

用数学式子表示即为：

$$F = \frac{9}{5} \times t + 32$$

式中 F——华氏温度

t——摄氏温度

2) 华氏温度换算成摄氏温度按下式计算：

$$\text{摄氏温度} = \frac{5}{9} (\text{华氏温度} - 32)$$

用数学式子表示即为

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

3) 绝对温度与摄氏温度的关系式如下：

$$\text{绝对温度} = \text{摄氏温度} + 273$$

用数学式子表示即为：

$$T = t + 273$$

式中 T——绝对温度

t——摄氏温度

我们常用的温标是摄氏温度( $^{\circ}\text{C}$ )和绝对温度(K)

例2—1 如果用摄氏温度计测得室内温度 $t = 19^{\circ}\text{C}$ ，问换算成华氏温度和绝对温度时各为多少度？

解：换算成华氏温度：

$$F = \frac{9}{5} \times t + 32 = 1.8 \times 19 + 32 = 66.2 (^{\circ}\text{F})$$

换算成绝对温度：

$$T = t + 273 = 19 + 273 = 292 (\text{K})$$

例2—2 如果测得冷冻箱内温度 $t = -19^{\circ}\text{C}$ ，问换算成华氏温度和绝对温度时各为多少度？

解：换算成华氏温度：

$$F = \frac{9}{5} \times t + 32 = 1.8 \times (-19) + 32 = -34.2 + 32 = -2.2 (^{\circ}\text{F})$$

换算成绝对温度：

$$T = t + 273 = -19 + 273 = 254 \text{ (K)}$$

测量物体温度的方法很多。由于液体和气体的体积或压力，金属或半导体的电阻，热电偶的电动势，物体发出的颜色和波长等，都随着温度的不同而变化。因此可以利用这些性质的变化制成不同的温度计来测量温度。常用的有水银、酒精膨胀式温度计、电阻式温度计、膨胀式指针温度计、光学高温计、红外线温度计等等。

常用的水银温度计和酒精温度计，它们都是以摄氏温度为单位，使用时可根据使用范围选用不同量程的温度计。只有室内用的寒暑表、摄氏温度和华氏温度两个刻标的刻度均有。在工程上常用的是摄氏温度，但在制冷设备的维修中，对系统进行检漏计算时，有时要用到绝对温度。

## 2、压力

当我们用气去吹气球时，气球就会胀大，如果继续吹气，气球就会胀破，这是因为气球内的气体对气球壁表面产生压力的缘故。在物理学中，我们把单位面积上承受的垂直作用力称为压强，工程上就称为压力。气体的压力是大量气体分子热运动时对壁面撞击的总结果。工程上压力以P表示。

大气也有压力，由地面上空几公里的空气层的重量所造成，称为大气压力，简称大气压。大气压用符号B来表示，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力较夏天大。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。

压力的单位及换算关系：

### (1) 工程单位

所谓工程单位就是工程上常用的单位。如果力的单位用公斤(kg)，面积的单位用平方厘米( $\text{cm}^2$ )，则压力的单位为公斤/厘米 $^2$  ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )。如果力的单位用公斤，(kg)，而面积单位用平方米( $\text{m}^2$ )，则压力的单位为公斤/米 $^2$  ( $\text{kg}/\text{m}^2$ )。它们之间的关系：

$$1 \text{ kg}/\text{cm}^2 = 10000 \text{ kg}/\text{m}^2$$

### (2) 采用液柱高度为压力单位

当液体的比重(重度)为 $\gamma$ ，液体柱高度为h作用在底面积r上的力为：

$$F = h \cdot \gamma \cdot S$$

如图2—2所示，则压力(压强)为：

$$p = F/S = h \cdot \gamma \cdot S/S = h \cdot \gamma$$

$$p = h \cdot \gamma$$

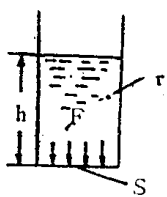


图2-2用液柱高度表示压力

选用的液体一定时，比重( $\gamma$ )一定，那么一定液柱高度h就对应一定的压力，所以压力单位可用液柱高度h表示。常用的液体有汞(水银)和水，相应的压力单位为汞柱或水柱。

$$\text{汞的比重 } \gamma_{\text{汞}} = 13.6 \text{ g}/\text{cm}^3$$

$$\text{所以 } 1 \text{ 毫米汞柱 (mmHg)} = 1 \text{ mm} \times 13.6 \text{ g}/\text{cm}^3$$

$$= \frac{1}{10} \text{ cm} \times 13.6 \text{ g}/\text{cm}^3 = 1.36 \text{ g}/\text{cm}^2$$

$$= 0.00136 \text{ kg}/\text{cm}^2$$

水的比重 $\gamma_{\text{水}} = 1\text{g}/\text{cm}^3$

1 米水柱 ( $\text{mH}_2\text{O}$ ) =  $1\text{m} \times 1\text{g}/\text{cm}^3$

=  $1\text{m} \times 1000\text{kg}/\text{m}^3 = 1000\text{kg}/\text{m}^2$

=  $0.1\text{kg}/\text{cm}^2$

### (3) 标准大气压

标准大气压又称物理大气压,是指在纬度为 $45^\circ$ 的海平面上,大气的常年平均压力。其值为760毫米汞柱,如果换算成工程单位则是 $1.033\text{公斤}/\text{厘米}^2$

( $0.00136\text{kg}/\text{cm}^2 \times 760 = 1.033\text{kg}/\text{cm}^2$ ),工程上为了计算方便,把大气压力近似定为 $1\text{公斤}/\text{厘米}^2$ 来计算,称为一个工程大气压。

### (4) 绝对压力和表压力

气体的压力有绝对压力和表压力两种表示方法,绝对压力是气体的真实压力,而表压力是指压力表上的读数。如果以 $B$ 表示大气压力, $P_{\text{绝}}$ 表示气体(制冷剂)的真实压力, $P_{\text{表}}$ 表示压力表的读数即表压力,则有如上关系式:

$$P_{\text{绝}} = P_{\text{表}} + B$$

即气体(制冷剂)的绝对压力等于表压力与大气压力之和,而表压力等于绝对压力与大气压力之差。因为压力表是利用布尔登管制作的,布尔登管受到压力时就会变形,根据它变形的程度就能测出压力的大小。布尔登管之所以能够发生变形是因为管内气体(制冷剂)压力 $P_{\text{绝}}$ 和管外大气压力 $B$ 的差值所引起,为此显示在压力表上的压力值即表, $P_{\text{表}}$ 是压力差 $P_{\text{绝}} - B$ 。在工程上常用表压力,但在制冷工程的计算中必须采用绝对压力。

### (5) 真空度

密闭容器气体(绝对压力)低于大气压力时,大气压力与容器内的压力(绝对压力)之差即称为真空度。测量真空度的仪表很多,在制剂设备修理中常用的是U型压力计和真空压力表,表示真空度的单位以毫米汞柱为单位,如果用 $B$ (毫米汞柱)表示当地大气压力,用 $P_{\text{真}}$ (毫米汞柱)表示真空度, $P_{\text{绝}}$ (毫米汞柱)表示密闭容器内气体的绝对压力,则有如下关系式:

$$P_{\text{绝}} = B - P_{\text{真}}$$

用U型压力计测量系统压力的方法如下:U型压力计没有与受压密闭容器相连时,两端液体受大气压力的作用液柱相等,如图2-3所示。若将管的一端与受压密闭容器相连时,右端液面向左压,两端形成液柱差,如图2-4所示。容器内绝对压力越大,则液柱差 $h_1$ 越高, $h_1$ 表示容器内压力大于大气压 $B$ 的数值。此差值 $h_1$ 就是表压。

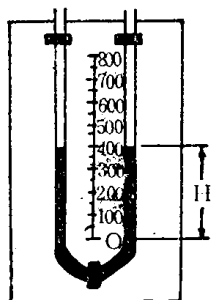


图 2-3 U型压力计  
(液柱压力计)

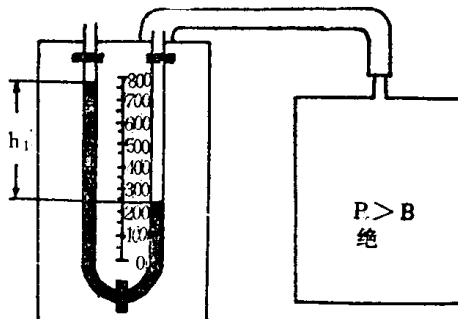


图 2-4 容器内压力大于大气压力

$$P_{\text{绝}} = B + h_1$$

如果容器内绝对压力小于大气压力，在大气压 $B$ 的作用下，液面从左面向右面压，如图2—5所示。容器中绝对压力越小，两端液柱差 $h_2$ 越高， $h_2$ 就是真空度。

例2—3 图2—4的U型压力计内液体为水银，两端液柱差 $h_1 = 50\text{mmHg}$ ，当地大气压力为 $622\text{mmHg}$ 。试求容器中气体的绝对压力是多少？

解：  $P_{\text{绝}} = P_{\text{表}} + B = 50 + 622 = 672\text{mmHg}$

例2—4 图2—5的U型压力计内液体为水银，两端液柱差 $h_2 = 640\text{mmHg}$ ，当地大气压力为 $662\text{mmHg}$ ，试求容器内气体的绝对压力是多少？

解：

$$\begin{aligned} P_{\text{绝}} &= B - P_{\text{表}} \\ &= 662 - 640 \\ &= 22\text{mmHg} \end{aligned}$$

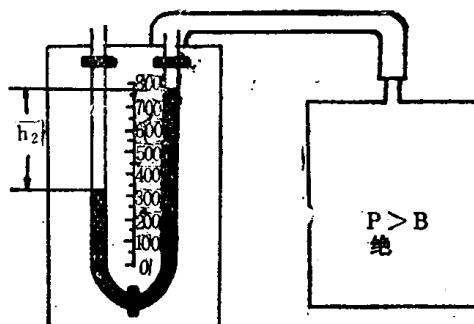


图2-5 容器内压力低于大气压力

在工程计算中，由于压力大小不同，应根据实际压力范围选用不同的压力单位。如在制冷设备的修理中，当需要对系统高压检漏时，系统内压力很高，则采用“ $\text{kg}/\text{cm}^2$ ”为压力单位；而在高压检漏完毕后，对系统抽真空并进行真空试漏时，由于系统内绝对压力低于大气压力，则采用“ $\text{mmHg}$ ”为压力单位。

各种压力单位可以互相换算，如下表：

压 力 单 位 换 算 表

| $\text{kg}/\text{cm}^2$ | 标准大气压   | $\text{mmHg}$ | $\text{mH}_2\text{O}$ |
|-------------------------|---------|---------------|-----------------------|
| 1                       | 0.9678  | 735.56        | 10                    |
| 1.033                   | 1       | 760           | 10.3333               |
| 0.00136                 | 0.00131 | 1             | 0.0136                |
| 0.1                     | 0.0968  | 73.556        | 1                     |

这里还需要说明一点，在制冷技术中，系统抽真空并进行真空密封试验时，常用U型压力计测量系统的真空度，单位是 $\text{mmHg}$ ，系统内气体的绝对压力也就用 $\text{mmHg}$ 为单位；但在真空技术中，我们常遇到的单位是“毛”。那么 $\text{mmHg}$ 和“毛”之间的换算关系是什么呢？现已统一规定 $760\text{mmHg}$ 就定为760毛，即1毛 =  $1\text{mmHg}$ 。

### 3、比容

物质所占有的体积与该物质的重量的比值称为该物质的比容，也可以认为比容就是一公斤流体所占有的容积，所以比容也称为容重。比容用符号 $v$ 表示，常用的单位为 $\text{米}^3/\text{公斤}$ （ $\text{m}^3/\text{kg}$ ）。若 $G$ 公斤气体所占容积为 $V$ 米 $^3$ ，则该气体的比容为：

$$v = \frac{V}{G} (\text{m}^3 / \text{kg})$$

物质的重量与该物质所占有的体积的比值称为该物质的比重，比重也可以认为一米<sup>3</sup>某物质的重量，比重也称为重度。比重一般用符号 $\gamma$ 来表示，常用的单位公斤/米<sup>3</sup>（ $\text{kg} / \text{m}^3$ ）。

比容（容重）与比重（重度）互为倒数。

$$v = \frac{1}{\gamma} \quad \text{或} \quad \gamma = \frac{1}{v}$$

即  $\gamma \cdot v = 1$

#### 4、热量和比热

物体温度升高时就要从外界吸热，而温度下降时就要向外界散热，如要使锅炉里的水温度升高时，必然要消耗一定的燃料。因此，热量是表示物体吸热或散热多少的物理量，也是能量的一种表现形式。热量是过渡量，只有当物体的温度发生变化的过程中，才有所体现。热量通常以 $Q$ 表示，单位是大卡，也叫千卡（ $\text{kcal}$ ）。一千大卡系指一公斤纯水在标准大气压下从 $19.5^\circ\text{C}$ 加热到 $20.5^\circ\text{C}$ 所需的热量。

当物体温度发生变化时，所吸收或放出的热量与其温度变化，物体的重量和材料的性质等因素有关。我们把单位重量的物体温度升高或降低一摄氏度所吸收或放出的热量，叫作重量比热，常用符号 $C$ 表示，单位是大卡/公斤·度（ $\text{kcal} / \text{kg}^\circ\text{C}$ ）。

除重量比热外，在工程上有时还用容积比热和莫尔比热。在无特殊说明时，比热均指重量比热。

不同物质的比热不同。即使同一物体，在不同温度下升高或降低一摄氏度所需要的热量严格讲也是不同的，但在一般工程应用中因温度变化而引起的比热值变化不大，故可忽略。

气体的重量比热不仅与气体的种类有关，而且与气体的加热条件有关。在压力不变的条件下获得的重量比热称做定压比热，用 $C_p$ 表示，在容积不变的条件下获得的重量比热称做定容比热，用 $C_v$ 表示。由于定压下加热时气体要膨胀，一部分热量要消耗于气体的膨胀做功。因此定压比热 $C_p$ 大于定容比热 $C_v$ 。 $C_p$ 与 $C_v$ 的比值用 $K$ 来表示。即

$$K = \frac{C_p}{C_v}$$

$K$ 称为比热比，或叫作绝热指数。 $K$ 是说明气体特性的一个重要数据。

有了热量和比热的概念，就可以进行换热量的计算。根据能量守恒原理，当两种不同的物体间进行热变换时，高温物体放出的热量必然等于低温物体所吸收的热量，因此：

$$Q_{\text{吸}} = Q_{\text{放}}$$

$$Q_{\text{吸}} = G_1 \cdot C_1 \cdot (t_2 - t_1)$$

$$Q_{\text{放}} = G_2 \cdot C_2 \cdot (t_4 - t_3)$$

$$G_1 \cdot C_1 \cdot (t_2 - t_1) = G_2 \cdot C_2 \cdot (t_4 - t_3)$$

这一关系式称为热平衡方程式。

在实际热量计算中，通常把物体吸热作为正值，放热作为负值。

### 第三节 理想气体的状态方程

气体分子间的距离很大，分子间的相互作用力很小。气体分子不停地做无规则运动，只有碰撞时，才改变运动方向，否则由于惯性将各自做匀速直线运动。所以气体能够充满整个容器的空间。

上里我们谈到了描述气体状态的三个基本参数：温度、压力、比容。研究气体的性质时，就要研究这三个状态参数的变化。对于一定量的气体，温度、压力、比容三个参数都不变时，我们说气体处于一定的状态；三个状态参数中有一个参数发生改变，另外两个参数中必有一个参数改变，或者两个参数都改变（不可能发生一个参数改变，而另两个参数不变的情况），这时我们就说气体的状态改变了。这就是说，气体的温度、压力和比容表明了一定量气体的状态。

人们通过长期的生产实践和科学实验发现，对于一公斤的各种气体，这三个参数间有下列近似点表示：

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} \approx \frac{P_2 V_2}{T_2} \approx \frac{P_3 V_3}{T_3} \approx \dots \approx \frac{PV}{T} \approx \text{常数}$$

这就是说，某种气体原来处于状态Ⅰ，经过变化后处于状态Ⅱ，后又变化到状态Ⅲ……等等。它的压力和比容的乘积与绝对温度的比值始终近似等于一个常数。用R表示，单位是公斤（力）·米/公斤·开（kg·m/kg·k）

可以设想一种在任何一种条件下都符合下述关系式的气体：

$$\frac{PV}{T} = R \quad \text{或：} \quad P \cdot V = R \cdot T$$

这种气体就叫理想气体。上式即称为理想气体的状态方程。可见P、V、T中只有两个是独立参数、只要知道其中两个，便可求出另一个，对于不同的气体，R有不同的数值。几种气体的气体常数如表：

几种气体的气体常数

| 名 称     | 符 号              | 分 子 量 | R     | K    | CP    |
|---------|------------------|-------|-------|------|-------|
| 氧       | O <sub>2</sub>   | 32    | 26.5  | 1.4  | 0.217 |
| 氮       | N <sub>2</sub>   | 28    | 30.28 | 1.4  | 0.248 |
| 空 气     |                  | 28.9  | 36.3  | 1.4  | 0.24  |
| 水 蒸 气   | H <sub>2</sub> O | 18    | 47.1  | 1.33 | 0.444 |
| 二 氧 化 碳 | CO <sub>2</sub>  | 44    | 19.25 | 1.30 | 1.196 |