

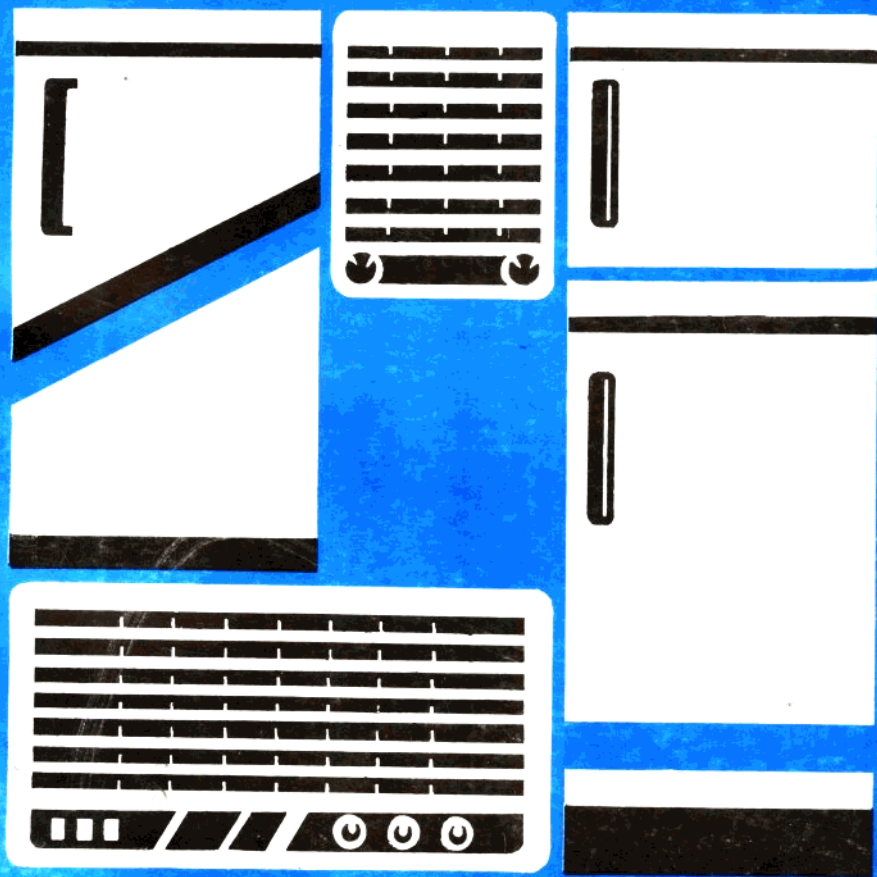
90年代家用电器实用丛书之一

空调器 电冰箱

原理·使用·维修技术

(修订版)

刘学志·毕见堂·赵水清·常佩英/编著



黄河出版社

空调器电冰箱原理·使用·维修技术(修订版)

刘学志 毕见堂 赵水清 常佩英 编著

黄 河 出 版 社

内 容 简 介

为适应现代化建设需要,培养制冷方面专门技术人才,方便维修技术人员,满足社会,家庭人民生活需要。我们奉献给读者《空调器电冰箱原理·使用·维修技术》一书。此书经过多年教学实践和总结了实际维修中可靠有效的经验,经专家教授以及工程技术人员编著,做到了理论联系实际,通俗易懂,概念清楚,图文并茂,避免了过难过深的繁杂数学公式和抽象理论。

本书内容新颖。书中收集了近年来国内外大量空调器,电冰箱的典型控制电路,各部件的图、表、曲线,结合典型空调器、电冰箱的制冷系统和控制电路讲解了工作原理、基本概念,并系统地介绍了各单元部件的结构。如封闭式压缩机的结构、汽车空调,各种制冷剂,冷冻润滑油,空调器的安装使用,故障分析和检修技术,形象直观。一目了然。

本书可作为大专班有关应用电子技术专业、中专、职业高中和各层次家电维修班的教学用教材,亦可供从事家电维修、维修、工程技术人员参考。

空调器电冰箱原理·使用·维修技术 (修订版)

刘学志 赵水清
毕见堂 常佩英 编著

黄河出版社出版发行

(济南大纬二路 325 号 邮政编码 250002)

临清鑫鑫彩印厂印刷

开本 787×1092 毫米 1/16 印张 21.375 字数 493 千字

1993 年 12 月第 1 版 1997 年 9 月第 4 次印刷

印数 25001—30000 册

ISBN 7-80558-152-5

T. 03 定价: 15.90 元

前 言

随着科学技术和经济建设的迅速发展,属于高档家用电器的空调器,电冰箱(柜)除了应用于科学研究、医疗、卫生、生产外,还广泛进入了家庭,直接影响着人们生活质量。且在我国城乡开始普及,维修技术力量不足已成十分突出的矛盾。为适应现代化建设需要,培育制冷方面专门技术人才,方便家用电器维修人员,家电商店营业人员,电子爱好者和多层次家电维修班所需教材。鉴于空调器、电冰箱方面书籍甚为缺乏,为了帮助读者学习和掌握制冷方面的有关技术。作者把教学上使用多年的讲义,进行修改整理和总结了在实践中应用有效的检修技术和经验编著出版此书,以饗读者。

本书结合空调器、电冰箱(柜)有关结构,分别用图、表、特性曲线阐明其工作原理和基本概念,又侧重于检修技术,故障分析。还介绍了目前世界流行的及部分进口空调器、电冰箱性能比较。共有十四章内容。第一、二、九、十、十一、十二章由刘学志编写,第三、四章由赵水清编写,第五、六章由常佩英编写,第七、八、十三章由毕见堂编写。本书系采取制定大纲后分工撰写方式编著。并由刘学志负责组织各章节内容的讨论和定稿。在编写过程中得到了信阳陆军学院有关领导支持,谨此谢意。

电子技术,制冷技术日新月异,由于水平所限,书稿在技术内容,编排体例上,定有不妥之处,敬请多方读者不吝指正,以便今后改进。

编 者

1990年8月

绪 论

冰箱可泛指能冷藏冷冻食物的器具，在此所指的电冰箱、空调器，都是以电能作为原动力，通过不同的制冷系统而使箱内保持低温，抑制各种细菌的生活能力。

电冰箱为保存食品可以分为冷藏和冷冻。冷藏时，指箱内温度在 0°C 以上至 10°C 以下范围；冷冻时，指箱内温度在 0°C 以下，但是对电冰箱中带有能冻结的部位——冻结器或冷冻室，根据国际标准（ISO）规定，以星级数（*）表示。即：一星级为 -6°C 以下；二星级为 -12°C 以下，三星级为 -18°C 以下。在三星级的框外另加一个星级时，表示此冷冻室具有使食品冻结的能力；而欧洲许多国家，将它称为四星级。日本标准（JIS）中还有一档高二星级，即 -15°C 以下。有关冷藏、冷冻食品和电冰箱星级等方面的要求，将在第十章叙述。

一、按用途分类

（一）冷藏箱 泛指单门电冰箱。冷藏箱内大部分空间温度保持在 $0\sim 10^{\circ}\text{C}$ 之间，以冷藏为主，在箱内上部有一个容积较小，只能贮藏少量冻结食品的冻结器。冻结器内温度大多为二星级（ -12°C 以下）。单门电冰箱的内容积一般设计在 250 升以下，大多为 150 升左右。

（二）冷藏冷冻箱 泛指双门、三门、柜式（双侧开门）电冰箱。双门电冰箱是将冷冻室和冷藏室各设一扇外门。冷藏室温度保持在 $0\sim 10^{\circ}\text{C}$ ，冷冻室保持在二星级或三星级（ -12°C 或 -18°C 以下）。四星级，在国际标准（ISO）中未作规定，将三星符号外加一个大星号，作为表示该电冰箱有一定的急冻食品量的能力，冷冻室中应为 -18°C 以下，并具有将一定量的 25°C 牛肉，在 24 小时内冻结到 -18°C 。目前我国有些工厂生产的双门电冰箱冷冻室为三星级，日本等国家也为三星级，欧洲国家以具有冻结星的居多。三门电冰箱是除了冷藏室和冷冻室外，在下部设一个贮藏蔬菜和水果的独立部分，被设计制成一个外箱门，以利蔬菜、水果的贮取。目前又出现了四门电冰箱，也是为了方便贮取果品。而这么多门冰箱的内容积向 250 升以上发展。

（三）冷冻箱 冷冻箱是专门用来贮藏冻结食品的三星级或具有冻结星级冰箱，箱内温度必须在 -18°C 以下，多数制成卧式，也有少量呈立式。目前，在国外冷冻箱使用量增加，因为食品以小包装冻结方式供应，家庭需要专用贮藏冻结食品的冷冻箱。目前，我国所生产的卧式冷冻箱主要供应饮食店和科研单位使用。

二、按放置形式分类

（一）立式：有单门、双门、三门、四门、柜式电冰箱或冷冻箱，便于放置在室内任意位置，占地面积小。

（二）卧式：冷冻箱制成卧式是为了采用上开启式箱门，开门时向外漏泄热量少；箱内温度变化也小。但是，占地面积较多，存取物品不大方便。

（三）台柜式：它的高度为 750~850 毫米左右，宽度为 900~1000 毫米左右，深度为

450~500 毫米。装置在厨房内，箱顶部可作台板使用，也为组合式厨具配套。

三、按箱内冷却方式分类

(一) 冷气强制循环式 又称“间冷式”、“无霜电冰箱”。箱内冷气是依靠内装的一只小电风扇强迫流动，箱内温度均匀、冷却迅速。在结构上必需增加电热熔霜，使耗电量增大。

(二) 冷气自然对流式 又称“直冷式”。将蒸发器直接作为上部的冷冻室(器)，而双温直冷式的冷藏室中单独安装一只蒸发器。单门电冰箱大多属于冷气自然对流式，结构简单、耗电量小。但是，使用稍不方便，箱内温度均匀性稍差。

(三) 冷气强制循环和自然对流并用式 冷冻室采用冷气强制循环方式，冷藏室采用冷气自然对流方式所组合的形式。

四、按配用制冷系统分类

(一) 蒸气压缩式制冷循环 采用制冷剂的蒸发→压缩→冷凝→节流→再蒸发……的不断循环系统。目前，国内外所生产的电冰箱中，有 90% 以上采用此种制冷循环。由于它的理论和生产技术、工艺方面都比较成熟，使用寿命一般达到 15 年以上。

(二) 蒸气吸收式制冷循环 采用吸收或吸附方法的一种制冷方式。

由于蒸气吸收式制冷系统中没有运转机械，因而无噪音，使用寿命长，可采用各种热源加热使其工作，如用电、煤气、天然气、煤油灯及太阳能等。在用电能加热时，其能耗大于蒸气压缩式制冷系统。国外吸收扩散式冰箱的主要生产厂家有：瑞典 Electrolux 公司；瑞士的 Sihier 公司；日本的三洋公司等。

(三) 半导体制冷 半导体制冷是应用了 1834 年发现的珀尔占效应原理。当一块 N 型半导体材料和一块 P 型半导体材料联结成电偶对，电偶对与直流电源联成电路后，就能发生能量的转移。电流由 N 型元件流向 P 型元件的接头，便吸收热量，成为冷端；电流由 P 型元件流向 N 型元件的接头，便释放热量。

各种电冰箱的规格请参考附录 III (A) (B) (C) 和附录 IV

目 录

绪 论	(1)
第一章 制冷热力学基本知识	
1. 1 温度和热量	(1)
1. 2 压力、压强	(3)
1. 3 临界温度与临界压力、饱和温度与饱和压力	(7)
1. 4 热力学第一、二定律和空气的焓—湿图 ($i-d$ 图)	(8)
第二章 蒸发压缩式制冷系统的制冷原理	
2. 1 概述	(10)
2. 2 蒸气压缩式制冷系统工作原理	(10)
2. 3 $LgP-h$ (压—焓) 图的结构及应用	(12)
2. 4 制冷循环各部件的作用和结构	(27)
第三章 电冰箱的控制系统	
3. 1 温度控制系统	(34)
3. 2 化霜控制系统	(41)
3. 3 除露及防冻加热装置	(47)
第四章 压缩机启动与保护	
4. 1 压缩机启动中的问题	(49)
4. 2 触点式启动装置与保护装置	(49)
4. 3 电子式启动及保护电路	(55)
4. 4 国内、外典型电冰箱电子控制线路及工作原理	(57)
第五章 封闭式压缩机组的结构、工作原理	
5. 1 压缩机	(88)
5. 2 电动机及其附件	(103)
5. 3 压缩机机壳	(110)
第六章 电冰箱封闭式压缩机的故障检查及维修	
6. 1 压缩机常见故障的判断及维修	(114)
6. 2 压缩机用电机的修理步骤	(119)
6. 3 压缩机机壳的故障及维修	(120)
6. 4 压缩机各部件的安装	(120)
第七章 电冰箱的故障分析和检修技术	
7. 1 电冰箱的正常工作状态	(123)
7. 2 修理电冰箱的常用工具	(123)
7. 3 电冰箱机件修理技术	(125)

7. 4	电冰箱常见故障的判断和修理	(138)
7. 5	对电冰箱制冷系统内压力的测定	(145)
7. 6	加压检漏、真空试漏、充填剂试漏	(147)
7. 7	电冰箱制冷系统的故障综合分析及处理程序	(152)
7. 8	修后性能检查及注意事项	(160)
第八章 电冰箱的安装调试及维护保养		
8. 1	电冰箱的安装与调试	(165)
8. 2	电冰箱的安全使用与注意事项	(168)
8. 3	电冰箱的维护保养	(172)
8. 4	电冰箱在家中可自己处理的故障	(174)
第九章 各种制冷剂和冷冻润滑油		
9. 1	制冷剂	(177)
9. 2	载冷剂	(188)
9. 3	冷冻润滑油	(188)
第十章 空调器工作原理及组成结构		
10. 1	空调器的用途	(192)
10. 2	空调器的种类规格型号	(192)
10. 3	窗式空调器的结构和工作原理	(202)
10. 4	热泵窗式空调器	(203)
10. 5	分体式电热式空调器	(210)
10. 6	汽车空调器	(213)
10. 7	空调器中的换热器、毛细管、膨胀阀、干燥过滤器的技术要求	(215)
10. 8	空调器制冷压缩机	(220)
10. 9	窗式空调器除湿系统和除湿过程	(226)
第十一章 空调器中电器部件及电器控制		
11. 1	空调器用温控器	(230)
11. 2	空调器的控制电路	(234)
11. 3	空调器中用的电动机	(240)
第十二章 空调器故障分析及维修技术		
12. 1	空调器检修基本方法和步骤	(248)
12. 2	空调器制冷(制热)系统的检漏技术	(250)
12. 3	空调器制冷系统的清洗技术	(251)
12. 4	空调器制冷系统抽真空技术	(252)
12. 5	空调器制冷系统冷冻润滑油和制冷剂充灌技术	(254)
12. 6	窗式空调器常见故障	(262)
12. 7	空调器制冷压缩机故障分析及检修技术	(264)
12. 8	空调器制冷系统各部件常见故障及检修方法	(268)
12. 9	空调器电控部分故障检修程序	(272)
12. 10	窗式、热泵式空调器常见故障分析处理一览表	(276)

12. 11	空调器检修后通电试车和运行调试	(280)
12. 12	封口技术及焊接作业	(286)
12. 13	各种空调器的技术指标	(289)
第十三章 空调器的安装 使用和保养		
13. 1	空调器安装前的准备	(297)
13. 2	窗式空调器的安装、使用和保养	(297)
13. 3	分体壁挂式空调器的安装、使用和保养	(301)
13. 4	分体落地卧式空调器的安装、使用和保养	(307)
13. 5	分体立柜式空调器的安装使用和保养	(309)
13. 6	恒温恒湿空调一般要求	(317)
附 录		
I	空调器零部件配套参考表	(319)
II	全国部分家用电冰箱主要技术数据表	(321)
III	A 国产电冰箱的牌号、生产厂及特点一览表双门直冷式电冰箱	(323)
	B 国产电冰箱的牌号、生产厂及特点一览表双门间冷式电冰箱	(323)
	C 单门直冷式电冰箱	(323)
IV	几种进口电冰箱的规格特点和主要参数	(325)
V	国产电冰箱用压缩机组技术参数	(327)
VI	进口电冰箱用压缩机组技术参数	(328)
VII	国产电冰箱用压缩机电机技术参数	(329)
VIII	进口电冰箱用压缩机电机技术参数	(331)

第一章 制冷的热力学基础知识

1. 1 温度和热量

1. 1. 1 温 度

温度是表示物体冷热程度的度量（分子热运动）也就是，温度是表示吸热和放热的变化结果。当物体放热后变冷，吸热后变热。

表示温度的标度称为温标。共有摄氏温标和华氏温标两种。

一、华氏温标：用符号 $^{\circ}\text{F}$ 表示。

它把标准大气压下冰的熔点定为 32 度，把水的沸点定为 212 度。二点之间分为 180 等份，每一等份称为华氏 1 度。即表示为 1°F 。

二、摄氏温标：用符号 $^{\circ}\text{C}$ 表示。

它把标准大气压下冰的熔点定 0 度，水的沸点定为 100 度，二点之间分为 100 等份，每一等份即为摄氏 1 度，表示为 1°C 。

华氏和摄氏温度互相换算关系：

$$\text{华氏} \rightarrow \text{摄氏温度} \quad t^{\circ}\text{C} = \frac{5}{9} (t_1^{\circ}\text{F} - 32)$$

$$\text{摄氏} \rightarrow \text{华氏温度} \quad t_1^{\circ}\text{F} = \frac{9}{5} t^{\circ}\text{C} + 32$$

摄氏和华氏温标还可沿水的沸点或冰的熔点向两端延长到更高或更低的温度区间如 0°C 以下称负度。

在热力学中，规定当物质内部分子运动速度等于 0 时，为物质的最低温度，这就是绝对 0 度其值即在冰点以下 273°C ，即 -273°C 称为绝对 0 度。绝对温度用符号 K 。

绝对温度与摄氏温度的关系：

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

$$t^{\circ}\text{C} = K - 273.$$

温度的度量：用温度计（棒状温度计热电偶热敏电阻温度计），一般水银、酒精有受膨胀性能制成温度计，（因为水银的凝固点为 -39°C ，酒精是 -114°C ）。

1. 1. 2 热和热量

一、热——物质分子作无规则的运动（或振动）称热运动，这种分子无规则运动的速度加快物质的温度升高，这说明温度与热量有密切的关系。

当物体受热，温度会升高，当温度上升到一定的程度时，物体又会改变它的形态。

例如：冰（固） $\xrightarrow[\Delta]{\text{加热}}$ 水（液） $\xrightarrow[\Delta\Delta]{\text{加热}}$ 汽

热的传递方式——热传导、对流、热辐射。

不同温度的两个物体相接触，便自动使两物的温度趋于一致，这种现称为传热。

（一）热传导——在一个物体或两个不同温度的物体，热会从高温向低温转移。

(二) 对流——当物体(流体)内部出现温差时,高温处膨胀密度降低向上移动,低温处密度加大在重力作用下向下移动形成对流。

(三) 热辐射——物体会不断地从其表面或多或少的散发热能。这种散发热和光一样以电磁波形式沿直线方向前进。(也接近光速)。这种热能遇到其它物体,一部分被物体表面反射,当物体是透明体时一部分热能还要透过去。其余部分被物体吸收使该物体温度升高。这种现象称热辐射。

二、热的种类:有显热和潜热两种。以水为例说明:

显热:在加热水时,温度低于 100°C 时,所增加的热能使水的温度上升,这种热可直接测量。

潜热:当水加热达到 100°C 后,若继续加热液态水的温度不再上升而使水变成气体,这种热不能用仪器直接测量出。

三、物质的三态:冰是固体、水是液体、水蒸气是气体,这三者虽然状态各异,但却是同一种物质。即在大气压和常温条件下水是液体, 0°C 以下则变为固态的水,而在大于 100°C 时是水蒸气。其它物质在一定的压力下经放热或吸热都可以改变其状态,根据不同的温度,可能是固体、液体或气体。

(一) 气化——液体变成气体时称气化,气化有两种方式:①只在液体表面发生的气化现象叫蒸发;②而当液体达到一定温度时,液体内部和表面同时进行的剧烈的气化现象叫沸腾,这时的温度称沸点。

(二) 融解——即由固体变成液体称为融解这时对应的温度称为熔点。

(三) 凝固——由液体变成固体称固化或冻结。

(四) 液化——由气体变成液体称为凝结或叫液化。

(五) 升华——由固体不经过液化而直接变成气体如干冰(固体二氧化碳)称为升华。

上述固体、液体、气体称为物质的三态如图 1-1 所示。任何物质都是以其中的某一确定状态,或混合形态存在。

根据物质的状态转变,热可以作如下分类:

热	{	显热:	使物体温度变化的热而物体的状态不变。
		潜热:	{
		融解热——由固体变成液体时所需要的热	
		蒸发热——由液体变成气体时所需要的热	
		升华热——由固体变成气体时所需要的热	
		凝结热——由气体变成液体时所需要的热	
	凝固热——由液体变成固体时所需要的热		

总之,潜热就是物体的温度不变而仅仅改变状态所需要或放出的热。

例如水的三态:容器里放入冰块慢慢地加热,逐渐地变成水和冰的共存状态,再经过一段时间全部变成水,但水温一直保持在 0°C ,并不上升,所加的热全部用于固体的冰变成液体的水。1 千克 0°C 的冰变成 0°C 的水需要 79.68 千卡,而 1 千克的水温度升高 1°C 需要

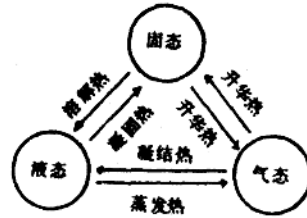


图 1-1 物质的三态

的热量仅仅是 1 千卡，前者大约为后者的 80 倍。如果继续加热，水温从 0℃ 逐渐上升到 100℃，这时加的热为显热。再继续加热，水开始沸腾直到液体水全部变成水蒸气，温度一直保持在 100℃，这期间所加的热用于液体变成气体，而温度不变，称潜热。1 千克水的汽化潜热为 539 千卡。为图 1-2 所示。

四、热量。热量是能量的一种形式，是表示物体吸热或放热多少的物理量。

注意物体在吸热或放热时有温度变化，但是质量不变。

单位：热量是用“卡”，“千卡”或“cal”；“kcal”为单位。

1 卡 = 1 克水温度上升 1℃ 所需热量；

1 千卡 = 在 1 个大气压下 1 公斤水从 14.5℃ 升高到 15.5℃ 所需要的热量。

五、比热容。由于物体温度上升或下降所需要的热量，根据物体的种类、质量、温度变化的程度不同。单位重量的物体温度提高 1℃ 所需要的热量称为这个物体的重量比热容。

单位：千卡（公斤，℃）

在质量相同的物体比热越大，热得越慢冷得也越慢。各种物质的比热如表 1-1 所示。

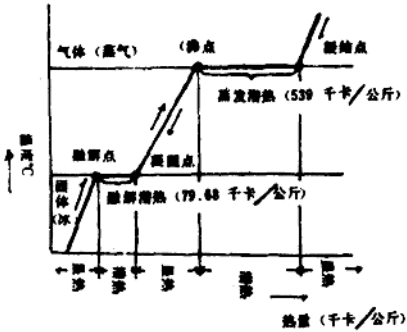


图 1-2 水的三态

表 1-1 几种物质的比热 [千卡/（公斤℃）]

物质	比热
固体 钢铁 (Fe)	0.11
铜 (Cu)	0.09
冰	0.50
液体 氟里昂 R ₁₂	0.243
R ₂₂	0.335
水	1.00
气体 水蒸气	0.465
空气	0.242
氟里昂 R ₁₂	0.143
R ₂₂	0.154

1. 2 压力、压强

1. 2. 1 压力

物体表面所受到的垂直作用力称为压力。

单位面积上的压力称为压强，用符号 P 表示。例如密闭容器里注入气体，气体向外膨胀，使容器的内壁向外推压，这个推力，即在内壁产生的垂直作用力，称容器内压力。习惯上称压强为压力。

单位:

一、工程度量制压力单位。力的单位用公斤 (kg. f) 表示, 单位面积 (cm²) 表示, 即有公斤·力/厘米² (kgf/cm²)

或有 $1 \text{ kgf/cm}^2 = 10,000 \text{ kgf/m}^2$

二、采用液柱高度作为压力单位。每种液体, 有其相应的重度, 确定的液体其重度 r 也为定值, 这样在一定压力下就会有相应的液柱高度。也就是说, 压力的大小可用液柱高度 h 表示, 其关系如下:

$$h = \frac{P}{r}$$

式中: h ——液柱高度 (mm);

p ——压力 (Kgf)

r ——液体重度。

常用水银柱 (汞柱) 和水柱来表示压力

1 毫米水柱 (mmH₂O) = 1kgf/m²

$$= \frac{1}{10,000} \text{ kgf/cm}^2$$

1 毫米汞柱 (mmHg) = 13.6kgf/m²

三、标准大气压。就是采用大气压做压力单位, 因为空气压力是地面上几百公里高的大气层的重量所形成, 称为大气压力, 大气压力随地理位置、高度及气候条件而变化, 物理学上所指的物理大气压, 是在纬度 45°的海面上, 大气的常年平均压力, 或称为标准大气压 (atm) = 760mmHg 即

1 标准大气压 (atm) = 1.0332kgf/cm² ≈ 1kgf/cm²。(工程上用) 工程上把大气压力作为 1kgf/cm², 称为一个工程大气压 (at)。即

1 工程大气压 (at) = 1kgf/cm² = 735.6mmHg.

1. 2. 2 绝对压力、表压、真空度

在工程上由于测量和计算的需要, 还常用绝对压力、表压力及真空度等方式来表示压力大小。

一、绝对压力——绝对压力是指容器中的气体对于容器内壁的实际压力, 用符号 $P_{绝}$, 即人工用压力计或压力表测得容器内的压力和容器外的压力 (当地大气压) 之和称为绝对压力。

二、表压——压力计测到的压力是容器内的压力和容器外的压力之差值, 称为表压。
 $P_{表}$

绝压和表压一般都要写明, 二者之间的压力关系为:

绝对压力 (公斤/厘米²) = 表压 (公斤/厘米²) + 1.033 (公斤/厘米²)

表压 (公斤/厘米²) = 绝对压力 (公斤/厘米²) - 1.033 (公斤/厘米²)

工程上近似的用

$$P_{绝} = P_{表} + 1$$

其中 “1” 为 1kgf/cm²

$$P_{表} = P_{绝} - 1$$

三、真空度——当容器中的绝对压力比大气压力还低时, 表压力即为负值, 容器内的绝对压力小于当地大气压力的数值称为真空度, 用 $P_{真}$ 表示。

绝对压力和真空度的关系为：

$P_{\text{真}} = 1 - P_{\text{绝}}$ ； $P_{\text{绝}} < 1$ 时才出现真空度，用水银柱高度表示真空度：

$$P_{\text{绝}} = 1 \times \left(1 - \frac{h}{76}\right)$$

式中： $P_{\text{绝}}$ ——绝对压力 (kgf/cm²)；
 h ——真空度 (水银柱高度 cmHg)。

$$\text{或 } P_{\text{绝}} = 1.033 \times \left(1 - \frac{h}{76}\right)$$

常用压力表 (计) 的面盘上刻有黑线和红线两部分，当指针指在红线部分，它表示压力低于 0kgf/cm² 表压，即绝对压力小于 1 大气压，一般称为出现真空。真空度用来表示真空的程度，所以可用托里折里实验的水银高度 h 来表示如图 1-3 所示。

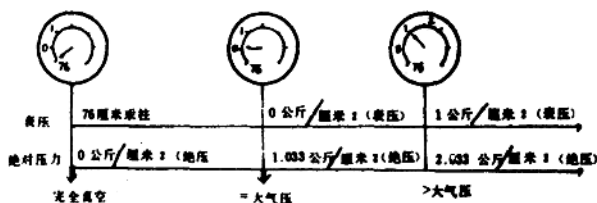


图 1-3 绝对压力和表压之间的关系

玻璃管上端空间的压力越比大气压力低，水银柱高度就越高。

容器内气体的压力与大气压的差值，即为气体的真空度，使用真空计的水银柱高度表示时：

①真空计上的 0 厘米水银柱，对应于 760mm 水银柱，即绝对压力 1.033kgf/cm²。

②真空计上的真空 76 厘米水银柱，对应于 0mm 水银柱的绝对压力，即 0kgf/cm²。要特别注意真空计厘米水银柱与大气压水银的关系。如下图 1-4 所示的对应关系。

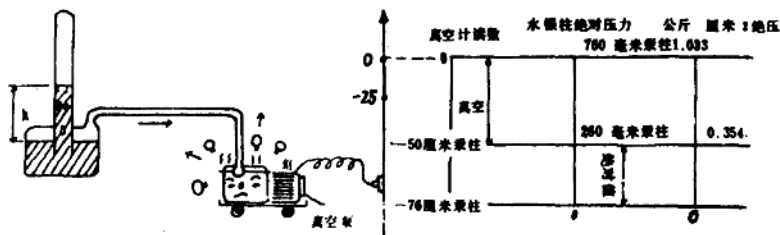


图 1-4 真空度

图 1-5 真空计的读数

真空计的指示 (水银柱高, h) 与大气压 mm 水银柱和绝对压力 kgf/cm² 之间的关系。如图 1-5 所示，如果真空计的读数为 50cm 水银柱时可按下式换算成大气压 mm 水银柱和公斤力/厘米² 绝对压力：

大气压 mmHg = 大气压 - 真空计读数

(标准)

$$= 760 - 500$$

$$= 260 \text{ (mm)}$$

$$\text{绝对压力} = 260 \times \frac{1.033}{260}$$

$$= 0.354 \text{ (公斤/厘米}^2\text{)}$$

总之真空度表示被测气体实际压力低于大气压力的值。即：

真空度 = 大气压力 - 绝对压力

$$P_{\text{真}} = B - P_{\text{绝}}$$

用水银柱高 h 表示真空度时由下式计算：

$$h = 760 (1 - P_{\text{绝}}) \text{ mm.}$$

例如制冷系统压缩机吸入管处绝对压力为 $P_{\text{绝}} = 0.65 \text{ kgf/cm}^2$ ，求表压和真空度。

$$\text{表压: } P_{\text{表}} = P_{\text{绝}} - 1 = 0.65 - 1 = -0.35 \text{ kgf/cm}^2$$

$$\text{真空度: } P_{\text{真}} = B - P_{\text{绝}} = 1 - 0.65 = 0.35 \text{ kgf/cm}^2$$

$$\text{用水银柱高表示: } h = 760 (1 - P_{\text{绝}}) = 760 (1 - 0.65) = 266 \text{ mmHg}$$

$$= 35463 \cdot 652 \text{ Pa}$$

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

当容器内的压力低于大气压时就认为产生了一定“真空”，如真空 400mm 水银柱。对从事制冷工作人员而言，指的是比起大气压来水银柱低 400mm 的压力，其绝对压力为 $760 - 400 = 360 \text{ mm}$ 水银柱。

真空度的压力单位：

① Torr (托)

② Pascal (帕) 我国规定使用帕单位，关系如下

$$760 \text{ mmHg} = 760 \text{ Torr} = 1.0133 \times 10^5 \text{ Pascal}$$

$$1 \text{ mmHg} = 1 \text{ 托} = 133.3 \text{ 帕, 压力单位换算表如表 1-2 示。}$$

表 1-2 压力单位换算表

公斤力/厘米 ² (工程大气压) [at]	大气压 (标准) [atm]	米水柱 [mH ₂ O]	毫米汞柱 [mmHg]	磅力/英寸 ² lbf/in ²	达因/厘米 ² (巴, bar) (dyn/cm ²)	帕斯卡 (Pa) (N/m ²)
1	0.9678	10	735.56	14.223	0.981	0.981×10^5
1.0333	1	10.3333	760	14.696	1.013	1.013×10^5
0.1	9.678×10^{-2}	1	73.556	1.422	0.0981	9.81×10^3
1.36×10^{-3}	1.316×10^{-3}	13.596×10^{-3}	1	1.934×10^{-2}	1.333×10^{-3}	1.333×10^2
0.07	0.068	0.703	51.715	1	6.895×10^{-2}	6.865×10^3
1.020	0.987	10.20	750	14.5	1	10^5
1.02×10^{-5}	0.987×10^{-5}	1.02×10^{-4}	7.5×10^{-3}	1.45×10^{-4}	10^{-5}	1

1. 3 临界温度与临界压力、饱和温度与饱和压力

1. 3. 1 临界温度与临界压力

各气体<sup>条件: 温度降低
增加压力</sup>→液体, 也就是说各种气在一定温度和压力下都可以液化, 但温度上升超过某一数值时, 即使增加再大的压力也不能使气体液化这一温度称为临界温度。所以各种制冷剂也存在这样一个临界状态。当实际的温度大于该物质的临界温度时, 无论如何加压都不能使气体变成液体(液化), 所以制冷剂应该选用临界温度高的物质。常用制冷剂的临界温度和临界压力如表 1-3 所示。

表 1-3 制冷剂的临界温度和临界压力

制冷剂	临界 温度℃	临界压力 绝对压力	kgf/cm ²
CClF ₂	112	41.96	
CClF ₃	28.18	39.36	
CHClF ₂	96.13	50.84	
NH ₃	132.5	112.77	
CH ₄	-82.3	46.4	
C ₂ H ₆	132.4	48.84	
C ₂ H ₄	10.06	51.17	

1. 3. 2 饱和温度与饱和压力

液体沸腾时所维持的不变温度称为沸点, 又称为在某一压力下的饱和温度, 而与饱和温度相对应的某一压力称为该温度下的饱和压力。例如水在一定压力下(1 个大气压)的饱和温度为 100℃, 反之水在 100℃时的饱和压力为一个大气压。一般压力升高, 对应的饱和温度也升高; 反之亦然。

图 1-6 说明 R₁₂、R₂₂、R₅₀₂ 几种制冷剂饱和温度与绝对压力的对应关系。注意在制冷系统一般所言蒸发温度和蒸发压力就是指饱和温度与饱和压力。

此曲线表明不同的液体在同一压力下, 饱和温度不相同。为了明确其见请参阅表 1-4, 几种液体在一个大气压下的饱和温度(即沸点温度)。

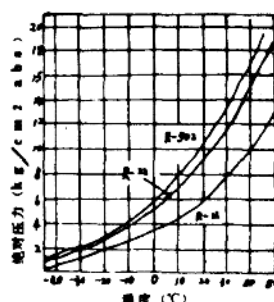


图 1-6 几种制冷剂的饱和温度与压力曲线

表 1-4 几种液体在一个大气压下沸点

液体名称	沸点 (°C)
水	100
酒精	78
R12	-29.8
氨	-33.4
R22	-40.8

作为制冷剂应该具备沸点温度（即饱和温度）低的特点，这样才能利用制冷剂在低温下汽化吸热来得到更低的温度。另一方面，不同的制冷剂在相同温度下对应的饱和压力也不同。一般要求制冷剂在规定的温度范围内饱和压力要适中即不要太高和过低。

1. 4 热力学第一、二定律和空气的焓——湿图（i—d 图）

热力学第一定律和第二定律都是说明能量守恒与可以互相转化，即热量与机械功之间转化条件，在转化中能量的数量不变，一定的热量必然产生一定的机械能，（做功）；反之，作一定量的功必然会转化出与之对应一定量的热。但需注意，第一定律表明了热与功之间的转化关系，但没有说明能量转化的条件和方向。为机械功可以全部转化为热能，但反过来，热能则不能全部转化为机械能。这是第二定律的内容。

热力学第二定律指出，热能自动地从高温物向低温物体传递，而不能反向自动地从低温物体向高温物体传递，即热现象的过程都是不可逆的。在制冷工程中，如空调器则是热量从低温物体传到高温物体，这必须消耗一定的能量。

空气的焓——即空气所含有总能量（包括热量。焓也称全热），说得具体些，即单位重量的干空气所含有的显热和潜热之和（Kcal/kg）。

通常定义：0℃时干空气的焓和 0℃时水的焓均为 0。（所以 0℃以上湿空气的焓为正。0℃以下可正，可负。

焓是空气调节过程中一个重要状态参数。

空气的焓—湿图能够表示湿空气状态参数及其相互关系的图表，由于该图是以空气的热焓值和含湿量为坐标轴的，因此叫焓—湿图。称 i—d 图。该图是空调技术人员和维修人员十分重要的工具图，它能全面、简明反映空气状态参数及其变化过程，是检查空调设备，运行正常与否不可缺少的。

i—d 图建立在斜角坐标上，坐标轴间夹角为 135°纵坐标为空气的焓（i）值；横坐标为空气的含湿量值（d），该图有四组等值线如图 1—7 所示。

一、等含湿量线，（等 d 线）平行于纵坐标轴。

二、等焓线（等 i 线）是与等 d 线相交 135°角的平行斜线。在纵坐标轴 0 点以上为正、以下为负。

三、等温线（等 t 线）为近似的平行线。

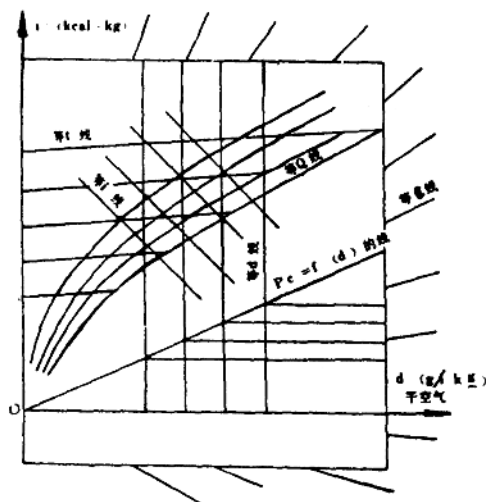


图 1—7 空气 i—d 图