

设备维修技术丛书

许第斌 董盛川 编著

空调与冷冻设备的使用与维修

174229

设备维修技术丛书

空调与冷冻设备的使用与维修

许第斌 董盛川 编著



机械工业出版社

本书系机动设备维修技术丛书之一，全书共分十六章。

本书以活塞压缩式制冷及空气调节（简称空调）为重点，系统地叙述了冷冻及空调设备的工作原理、系统组成、操作调试及维修方法，并辅以必要的理论知识。对于运行中常见故障，从各个侧面作了较详细的分析，每章后面均附有结合操作实际的思考题，供读者参考。

本书主要作为从事空调冷冻设备的操作、维修、安装工人及技术管理人员的培训教材，也可供本专业广大维修工人及技术人员参考。

设备维修技术丛书
空调与冷冻设备的使用与维修

许第斌 董盛川 编著

*

机械工业出版社出版（北京阜成门外百万庄南里一号）

（北京市书刊出版业营业登记证出字第 117 号）

机械工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

*

开本 $850 \times 1168 \frac{1}{32}$ · 印张 $15 \frac{1}{8}$ · 插页 3 · 字数 431 千字

1983年7月北京第一版·1983年7月北京第一次印刷

印数 00,001—19,800 · 定价 2.05 元

*

统一书号：15033·5492

出版说明

为了适应广大机动设备维修工人，特别是青年工人的需要，航空工业部建设司机动处组织编写了这套设备维修技术丛书，全套共分七册，包括：《机修钳工》，《维修电工》，《锅炉的运行与检修》，《空调与冷冻设备的使用与维修》，《空压机的维护与检修》，《真空设备的使用与维修》，《数控机床维修技术》等，将陆续出版。

这套丛书是机动设备维修技术基础书。因此在编写内容上扼要地介绍了与设备维修技术有关的数学、物理、化学、热工原理，公差配合，金属材料方面的基础知识，并对机动设备的结构原理、特点以及系统组成，都作了比较详细的论述。此外，还针对维修工作的需要，着重介绍了机动设备维护与检修技术。这套丛书，系企业培训维修工人的教材，同时，也可供广大维修工人、技术人员参考。

前 言

随着国民经济的迅速发展,近几年来,空调和制冷技术已经广泛地应用于国民经济各个部门。因此,如何使用、维修这类设备及其系统,使之经济合理、安全可靠地运行,是一项迫切需要解决的任务。

为了适应当前形势的发展,满足国内广大空调冷冻设备操作及维修工人的需要,以解决当前本专业普及读物之不足,我们在对空调冷冻设备的使用和维修技术进行多次实践经验总结的基础上,参考了一些资料,编著了本书,供使用、维修部门参考。

全书内容分冷冻及空调两大部分,按原理、结构、安装、操作、调试、排故、修理、测量等顺序编排。在文字叙述上力求理论联系实际,说理清楚、通俗易懂,以便具有初中文化程度以上的读者,能全面了解和掌握有关设备的使用和维修知识。

本书经清华大学空调教研组赵荣义副教授、中国制冷学会陈芾芾工程师、上海设备维修学会孙大中总工程师等审稿,并提供了许多宝贵意见。此外,在编写工作中,得到了张仲行、袁鉴明、严守本等同志的大力支持,在此一并致谢。

本书一定会有缺点和错误,请广大读者批评指正。

许第斌

80.10.

目 录

第一篇 冷 冻 部 分

绪论	1
第一章 制冷的基本知识及原理	3
第一节 物理概念及基本定义	3
第二节 热量、热力学定律	12
第三节 传热方式	17
第四节 流体的基本知识	24
第五节 压—焓图的构成	26
第六节 制冷方式	28
第七节 制冷原理	30
复习思考题	37
第二章 制冷剂与冷媒	40
第一节 制冷剂的作用与分类	40
第二节 常见的制冷剂	44
第三节 制冷剂的测定、存放与使用	51
第四节 冷媒	52
复习思考题	56
第三章 冷冻机的结构、润滑及装配	57
第一节 冷冻机的分类与型号	57
第二节 新老系列结构特点及其工作条件	59
第三节 冷冻机的工作原理	67
第四节 冷冻机的整体结构	70
第五节 冷冻机零部件结构特点	73
第六节 冷冻机润滑油的选用	91
第七节 冷冻机的装配	94
复习思考题	100

第四章 制冷系统辅助设备与阀门	102
第一节 冷凝器的结构与维护	102
第二节 蒸发器的结构与维护	109
第三节 贮液器、油分离器及其维护	115
第四节 集油器、空气分离器、紧急泄氨器	119
第五节 干燥过滤器及其维护	121
第六节 中间冷却器、氨液分离器及其维护	123
第七节 氨节流阀及氟膨胀阀	125
第八节 氟电磁阀、截止阀、单向阀	136
复习思考题	140
第五章 制冷设备的安装与试运转	142
第一节 制冷设备的安装	143
第二节 制冷管道的安装	147
第三节 冷冻机的试运转	154
第四节 制冷系统的吹除及气密性试验	157
第五节 制冷系统充注制冷剂	161
第六节 制冷管道的绝热	168
复习思考题	171
第六章 制冷设备的操作与管理	173
第一节 制冷设备的启动	173
第二节 制冷设备的停车	177
第三节 冷冻机的加油操作	180
第四节 氨制冷系统的放油操作	182
第五节 制冷系统的放空操作	184
第六节 热冲霜操作	187
第七节 制冷设备的安全技术	190
第八节 空调冷冻设备的管理	192
复习思考题	195
第七章 制冷系统的调节与控制	196
第一节 蒸发温度的调节	196
第二节 冷凝温度的调节	203
第三节 吸、排汽温度的调节	205

第四节	中间温度的调节	207
第五节	制冷系统的调节	209
第六节	调节实例	216
第七节	制冷系统的控制	219
第八节	冷冻机安全保护控制	228
复习思考题	.....	232
第八章	制冷系统的正常工况与故障分析	233
第一节	正常工况的标志	233
第二节	冷冻机故障分析	236
第三节	制冷系统故障分析	243
第四节	控制部分故障分析	251
第五节	全封闭式冷冻机的故障检查	253
第六节	故障分析实例	254
复习思考题	.....	260
第九章	制冷设备的修理	262
第一节	计划修理内容	262
第二节	制冷系统修理前的基本操作	264
第三节	冷冻机零部件的修前测量	269
第四节	开启式冷冻机的修理	273
第五节	全封闭式冷冻机的修理操作	280
第六节	冷冻阀门的修理	283
第七节	热力膨胀阀的修理及试验	285
复习思考题	.....	288

第二篇 空气调节部分

绪论	290
第十章 空调的作用及任务	292
第一节 温湿度要求的基本概念	292
第二节 空气环境对人的影响	294
第三节 空气环境与生产的关系	295
第十一章 空调的基本知识	300
第一节 空气的组成	300
第二节 空气的性质与参数	301

第三节	湿空气焓-湿 ($i-d$) 图的绘制	308
第四节	$i-d$ 图的应用	312
复习思考题	.....	324
第十二章	送风量的确定及空气的处理方法	326
第一节	空调热湿负荷的来源	326
第二节	送风状态及送风量的确定	330
第三节	空气的处理过程	336
第四节	空气的加热及加热器	340
第五节	空气的加湿	345
第六节	空气的去湿	347
复习思考题	.....	353
第十三章	空调系统的构件与维修	354
第一节	喷雾室及其维护	354
第二节	通风机及其维护	362
第三节	风管	366
第四节	送回风口及气流组织	367
第五节	表面式冷却器处理室	369
第六节	空气除尘器	372
第七节	消声器	373
第八节	空调系统的维修	375
复习思考题	.....	377
第十四章	空调系统	378
第一节	空调系统的分类	378
第二节	直流式空调系统	379
第三节	一次回风式空调系统	383
第四节	二次回风式空调系统	387
第五节	局部空调系统	390
第六节	局部空调机组及其维护	394
第七节	混合式空调系统	402
复习思考题	.....	405
第十五章	系统的运行调节及故障分析	407
第一节	房间余热变化余湿不变的调节过程	407

第二节	余热、余湿均变化的调节	414
第三节	冷冻部分因故停车后空调系统的调节	417
第四节	空调系统的自动控制	418
第五节	集中式空调系统的故障分析	428
第六节	局部空调器的故障分析	433
复习思考题	.....	435
第十六章	空调冷冻系统的测试	437
第一节	测量中常用的仪器	437
第二节	空调系统的测定	450
第三节	制冷系统的测定	456
复习思考题	.....	459
附表	.....	460
附表 1	部分局部空调器性能	460
附表 2	部分冷冻机装配间隙表	464
附表 3	空调及冷冻工程技术常用单位换算	470
附表 4	常用拉丁字母及希腊字母	472
参考资料	.....	472
附图 1	氨的 $\lg p-i$ 图	
附图 2	氟里昂-12 $\lg p-i$ 图	
附图 3	氟里昂-22 $\lg p-i$ 图	
附图 4	氟里昂-13 $\lg p-i$ 图	
附图 5	湿空气 $i-d$ 图	

第一篇 冷 冻 部 分

绪 论

在酷热的夏天，当你走进冷库的时候，就会觉得寒气逼人；在有冷气的影剧院中，又觉得凉爽舒适。能使冷库或影剧院维持如此低温的环境是什么原因呢？是因为配备了制冷装置的结果。因此，制冷技术是研究使被冷物体的温度低于周围环境温度，并在要求的时间范围内，保持稳定的一门应用技术。

一提起制冷，人们首先感到它在食品工业上的应用。如肉类的加工冷藏、鱼类的防腐、水果蔬菜的保鲜、防暑降温的冷饮等，都离不开制冷技术。不仅如此，全国成千上万的厂矿事业的食堂以及家庭，为防止食品腐烂变质，都需要大小不同的冰箱。

工厂及科研部门的空气调节与去湿，又为制冷技术的应用，开辟了一个广阔的领域，这将在第二篇中作详细论述。

由于现代技术的发展，飞船、航空用仪器、电子设备、严寒下的军用武器等都需要在特定的低温环境中进行性能试验。其中如飞机发动机的风洞实验、航空仪表等，除了在低温下进行试验外，有的还需在高真空干燥的环境下进行。

在化工生产方面，更离不开冷冻。如盐类的结晶，溶液的分离，石油的脱蜡，空气、天然气的液化，三大合成（合成橡胶、合成塑料、合成纤维）的制造，都需要“冷冷热热”。

对于工业上某些金属材料，经热处理后，还需进行冰冷处理，这样可以获得良好的机械性能，使硬度及强度均有所增加。如拉刀、样规、铣刀等，经 $-70\sim -80^{\circ}\text{C}$ 的冰冷处理后，其寿命可以

延长 30~50%。

在医药工业中，对于某种细菌的培植，药品的贮放，血液的保存以及心脏手术、冷冻手术等，都直接应用制冷技术。

当前，制冷技术与其它工程技术一样，迅速地发展着。我国已在大连、天津、上海、北京、武汉、广州、重庆等十多个城市，建立了冷冻设备制造基地，以满足国民经济各部门对冷冻设备激增的需要。从六四年便开始了新系列产品的生产，逐步淘汰了仿苏型的老系列设备。

制冷可分为天然制冷和人工制冷两大类。人工制冷又分为液体汽化吸热制冷、气体膨胀降温、半导体制冷三种。其中液体汽化吸热制冷又可分为活塞式压缩、蒸汽喷射、吸收式三种制冷形式。

尽管制冷方式繁多，但是，就其实用范围来看，活塞压缩式制冷装置在制冷技术中占据着十分重要的地位，被国民经济各部门广泛采用。目前国内所使用的制冷设备，大部分为五十年代国产的老系列设备及六十年代中期的新系列设备。在所有这些产品中，空气调节用的制冷设备又占有较大的比重，特别是在机械加工工厂内尤为突出。为此，本篇从我国的实际情况出发，重点介绍空气调节用活塞压缩式制冷装置的原理、操作、维护、修理等基本技术知识，而其它只作一般介绍。

第一章 制冷的基本知识及原理

制冷技术简单地说就是获得低温。它是研究热量从低温热源向高温热源的传递过程，同时也研究在制冷循环中，制冷剂的状态变化规律及特征，使之安全、可靠、经济、合理的连续制冷。为了深入地理解制冷原理及热力循环过程，了解一些与制冷技术有关的物理概念是很必要的。

本章重点介绍制冷中常遇见的压力、温度、蒸发、冷凝、饱和、汽化热、热量与热的传递、热力学定律等物理概念。同时还将介绍制冷方式及制冷原理，以及常用的压-焓图的组成。对于流体的一般知识也作概要叙述。

第一节 物理概念及基本定义

一、物质的三态

从中学物理得知，物质往往以三种聚集状态存在于大自然中，即气态、液态和固态。

气态物质的分子处于不规则的运动中，其密度甚小，分子之间有一定的空隙，可以压缩，又能均匀地充满任何形状的空间。

液态物质的分子彼此密集，相对地说是不可压缩，并具有相互移动位置的趋势。

固体物质内部的分子成有规则的布置，并在一定的晶格节点上振动。

三态之间，在一定的条件下可以互相转化。如固体冰加热后可以变成液体水，水加热后可以变成蒸汽。这种聚集态变化在制冷技术中有着一定的意义，例如在冷凝器中制冷剂蒸汽液化，在蒸发器中制冷剂液体吸热汽化，都属于集态的变化，或者叫相的变化。

二、冷与热现象

在日常生活的实践中，常常遇到冷与热这两个物理现象。对这两种现象如何解释呢？原来分子有一种扩散本领，扩散的结果证明分子处于经常不停地无规则运动，于是把大量分子的无规则运动称热运动。这种热运动的结果，宏观上就反映出冷和热，因此分子热运动反映了冷、热现象的本质。

冷和热就其物理本质来说都是相同的，是能量的一种形式。冷表示物体内部热量减少的一种概念，也就是说分子热运动的减弱。热表示物体内部热量增加的一种概念，表示分子热运动的加剧。

三、温度

温度是表示物体冷热程度的量度。它的高低反映物体内部分子无规则运动的剧烈程度。是物体状态的基本参数之一。它用符号 t 、 T 表示（ t 表示摄氏读数， T 表示绝对温度读数）。

物体的温度是用温度计（详见第十六章）来测量。为了表示温度的高低，就规定了衡量温度高低的尺度，称为温标。目前国际上通用的温标除绝对温标及摄氏温标外，还有华氏温标 $^{\circ}\text{F}$ 。华氏温标是欧美习惯用的一种温标。

摄氏温标是在一个标准大气压下，把纯水的冰点作 0°C ，沸点作为 100°C ，在两定点之间分为 100 等分，每一等分即称为摄氏一度（ 1°C ）。

绝对温标是将纯水的冰点定为 273°K ，沸点定为 373°K 。绝对温标每 1°K 与摄氏 1°C 在数值上完全相等。

华氏温标规定纯水冰点为 32°F ，沸点定为 212°F ，两定点之间为 180 等分，每一等分称为华氏 1°F 。

上述三种温标的关系如下。

绝对温标和摄氏温标的关系是

$$T = t + 273.16^{\circ}\text{K} \approx t + 273^{\circ}\text{K}$$

式中 T ——绝对温标（ $^{\circ}\text{K}$ ）；

t ——摄氏温标（ $^{\circ}\text{C}$ ）。

摄氏温标与华氏温标 F 的关系是

$$t = \frac{9}{5}t^{\circ}\text{C} + 32(^{\circ}\text{F})$$

〔例1-1〕 摄氏 20°C ，相当于多少绝对温度及华氏温度。

解 $T = t + 273 = 20 + 273 = 293^{\circ}\text{K}$

$$F = \frac{9}{5}t^{\circ}\text{C} + 32 = \frac{9}{5} \times 20 + 32 = 68^{\circ}\text{F}$$

四、压力

压力是单位面积上所受的垂直力。在实践中，如果以相同的力，分别用针和手指垂直压在皮肤上，显然针压时比手指更痛。这就是因为针尖的面积很小，用力虽然一样，但压力却相差很大的缘故。

压力的大小取决于分子热运动情况，在一定的容积内，分子运动剧烈，压力就高，反之就低。由此可以看出压力和温度之间有着密切的内在关系，因而压力也是物体状态的重要参数之一。

在工程上，压力是用压力表来测量，其单位用公斤力/厘米²表示。在容器压力较小的地方，如空调、通风工程中，又往往用毫米水柱 (mmH₂O) 或毫米水银柱 (mmHg) 来表示。同时压力用符号 P 或 p 表示 (压力单位公斤力/厘米² 与 公斤/厘米² 概念相同)。

由实验得知：

1 个工程大气压 = 10^4 毫米水柱 = 735.6 毫米水银柱 = 10^4 公斤力/米² = 10 米水柱。

1 个大气压力 = 760 毫米水银柱 = 1.033 工程大气压。

1 毫米水银柱 = 13.6 毫米水柱。

所谓大气压力，即地球表面上存在着各种各样气体，这些气体有一定重量，由于重量的作用，每时每刻会对地面产生压力，这个压力叫大气压力，用符号 B 表示。

1 个标准大气压与一个工程大气压相差极少，故大气压力仍用单位公斤/厘米² 表示，所以在计算时，大气压力均看作为 1 公斤/厘米²。

在制冷系统的日常管理过程中，经常碰到绝对压力、相对压力、大气压力的概念。所谓绝对压力是指工质对容器壁的实际压力，它表示表压力与大气压力之和，用数学表达式可写成

$$P_{\text{绝}} = P_{\text{表}} + B = P_{\text{表}} + 1$$

或

$$P_{\text{表}} = P_{\text{绝}} - 1 \quad (1-1)$$

由式 (1-1) 中可看出，表压力实际上是绝对压力与大气压力的差值，这个差值称为相对压力。为了进一步说明绝对压力、相对压力、大气压力三者间的关系，在图 1-1 a) 中表示了容器内工质的压力大于大气压力，压力计中液柱升高，升高的数值即为相对压力（表压力）。如果压力计中液柱既不升高，又不降低，这时表压力为零，也就是说容器内外压力相等，均为大气压力，或者说容器内壁仍然受到一个大气压力的作用。

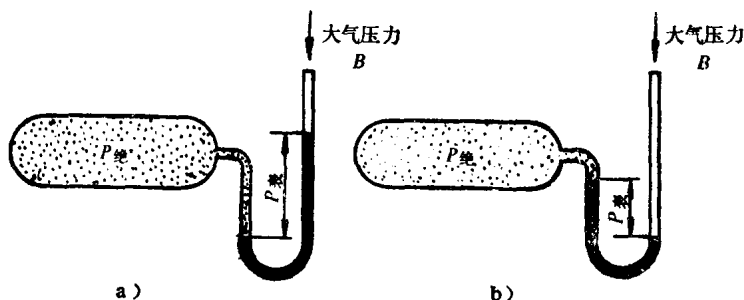


图1-1 容器中压力的测定

假如容器内压力小于大气压力，如图 1-1 b) 所示，容器内的压力叫真空（负压），真空的程度叫真空度。

真空度是以表压为零点向下算起，它的单位与压力相同，一般用毫米水银柱来表示。真空度的计算如下式

$$P_{\text{真空}} = (B - P_{\text{绝}}) 760 = (1 - P_{\text{绝}}) 760 \text{ (毫米水银柱)}$$

这里必须指出，在查阅制冷技术有关图表时，其图表上所注明的压力一般都为绝对压力。因此，由压力表所测得的读数必须经过换算。

〔例1-2〕 已知表压为 2.6 公斤力/厘米²，问绝对压力为多少？

解 $P_{\text{绝}} = P_{\text{表}} + 1 = 2.6 + 1 = 3.6 \text{ 公斤力/厘米}^2$

〔例1-3〕 如果绝对压力为 0.45 公斤力/厘米²，其真空度为多少毫米水银柱？

解
$$P_{\text{真空}} = (1 - P_{\text{绝}})760 = (1 - 0.45)760$$

$$= 418 \text{ 毫米水银柱}$$

五、比重、比容

比重是指单位体积工质所具有的重量，用符号 γ 表示。是单位体积物质的重量与同体积 4℃ 纯水重量之比。

比容则是单位重量的物质所占据的体积。其单位为 厘米³/克或 米³/公斤，用符号 v 表示。

比重和比容的关系，互为倒数，并成反比，即 $\gamma = \frac{1}{v}$ 或 $\gamma \cdot v = 1$ 。

比重和比容常常因工质所处的温度和压力不同而不同。温度愈高，比容愈大，比重就小。反之，温度愈低，比容愈小，比重就大。

六、蒸发

蒸发是指液体表面分子汽化变成蒸汽分子的过程。

在大自然中，所有液体都具有蒸发能力。蒸发过程的快慢与蒸发的条件有很大关系。实践证明同一蒸发液体蒸发面积愈大，蒸发就快；当液体温度升高时，蒸发过程也快；液体表面上方的汽体排走得愈快，蒸发也快；当液体蒸发压力与周围空间压力形成压差，其压差愈大，蒸发也快。

由于物质不同，液体分子克服的引力也不同，所以蒸发的快慢还与物质的性质有关。如氨液比水蒸发得快，水又比油蒸发得快。

蒸发的时候，由于从液体中飞出的是速度较大的分子，而留下的则是速度较小的分子。因此，如果外界不提供足够的热量，则液体在蒸发时所需热量，只有依靠本身的温度下降来满足。这