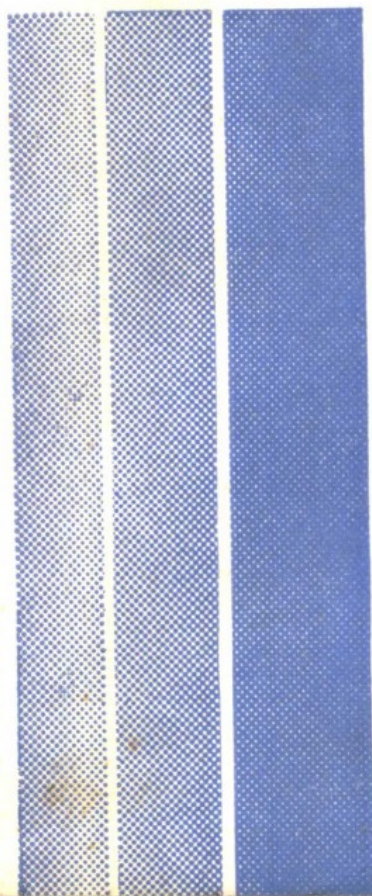


制冷工必读

周志云 编著
农业出版社



封面设计 马 逸

ISBN 7-109-03084-9/TH·127

定 价：11.20 元

制 冷 工 必 读

周志云 编著

农 业 出 版 社

(京) 新登字 060号

制 冷 工 必 读

周志云 编著

* * *

责任编辑 陈力行

农业出版社出版 (北京市朝阳区农展馆北路2号)

新华书店北京发行所发行 北京市密云县印刷厂印刷

787×1092mm 32开本 14印张 3插页 308千字

1994年5月第1版 1994年5月北京第1次印刷

印数 1—3,000册 定价 11.20元

ISBN 7-109-03084-9/TH·127

前 言

近年来，随着经济体制改革和对外开放的逐步深入，农林牧渔业各类种植业和养殖业有了巨大的发展，推动了各地兴建中小型冷库的热潮。为了适应我国冷藏事业的发展，科学地管好、用好冷库，尽快地提高庞大制冷工人队伍的技术素质已成当务之急。

制冷技术是现代化食品工业的支柱之一。作者从事制冷专业教育30余年，深感普及制冷技术和提高从业人员业务水平的必要，为此编写了本教材以应制冷工上岗技术培训和各级制冷工技术考核的急需。

在编写过程中，作者参照了中华人民共和国商业部颁发的《制冷工业业务技术等级标准》、前国家水产总局颁发的《水产品加工工人技术等级标准》（试行）中氨压缩机工部分和中国粮油食品进出口公司河北省分公司印发的《制冷技术等级标准》，并结合目前国内制冷工人业务技术水平的实际状况，在教学内容上作了认真的取舍，强调实用性和图文并茂。每章附有内容摘要和复习思考题（或习题），书末附有自测题A卷、B卷及部分参考答案，便于读者复习自测。

本书适合具有初中以上文化水平、又有一定实践经验的冷库技术人员、技术工人和管理人员自学，也适宜作为制冷培训班的教材。

本书初稿曾供国营红字机械厂（装配式冷库专营厂）教

育中心试用，取得了满意的教学效果。

由于作者水平所限，书中定有不少舛误，敬请读者批评指正。

编 者

1992年6月

目 录

前言

绪论	1
复习思考题	5
第一章 人工制冷的热工基础	6
第一节 物质三态 热与冷	6
第二节 压力、温度、比容	7
第三节 理想气体的实验定律	13
第四节 热量与比热	19
第五节 热力学第一定律	24
第六节 热力学第二定律	29
第七节 焓与熵	35
第八节 蒸汽的性质	40
第九节 蒸汽表与压焓图	46
第十节 热量的传递	53
本章内容提要	61
复习思考题	64
第二章 制冷剂、载冷剂、冷冻油	66
第一节 制冷剂的分类	66
第二节 对制冷剂的要求	68
第三节 常用制冷剂	72
第四节 载冷剂	77
第五节 冷冻油	80

本章内容提要	83
复习思考题	85
第三章 蒸汽压缩式制冷循环	86
第一节 单级蒸汽压缩式制冷循环	86
第二节 双级蒸汽压缩式制冷循环	103
本章内容提要	109
复习思考题	110
第四章 活塞式制冷压缩机	112
第一节 活塞式制冷压缩机的分类	113
第二节 活塞式制冷压缩机的工作过程	121
第三节 活塞式制冷压缩机的零部件结构	126
第四节 活塞式制冷压缩机的总体结构	156
本章内容提要	167
复习思考题	171
附注: 国家新标准介绍	172
第五章 制冷设备	180
第一节 冷凝器	180
第二节 蒸发器	190
第三节 冷风机	198
第四节 辅助设备	201
第五节 氨泵	220
第六节 节流机构	222
第七节 其它阀件	232
第八节 制冷用控制器	243
本章内容提要	254
复习思考题	257
第六章 冷库制冷装置	258
第一节 冷库的制冷系统	258
第二节 制冷机器设备的布置	272

第三节 制冷管道	382
第四节 制冷装置的自动化	294
本章内容提要	306
复习思考题	308
第七章 制冷装置的安装和调试	309
第一节 制冷机器设备的安装	309
第二节 库房冷却设备的安装	314
第三节 制冷管道和阀门的安装	315
第四节 制冷压缩机的试运转	318
第五节 制冷系统的试验	321
第六节 充灌制冷剂 and 库房降温	323
本章内容提要	326
复习思考题	329
第八章 制冷装置的操作和管理	330
第一节 机器设备的操作	330
第二节 氨制冷系统的调节	336
第三节 制冷装置常见故障的分析与处理	341
本章内容提要	346
复习思考题	347
第九章 制冰	348
第一节 冰的性质和标准	348
第二节 盐水制冰	350
第三节 贮冰	353
第四节 冰棒机	355
本章内容提要	356
复习思考题	357
第十章 冷库的技术经济管理	358
第一节 工作日记	358
第二节 冷库主要技术经济指标	360

第三节 卫生管理	368
第四节 冷库节能	370
第五节 冷库的安全与防火	374
本章内容提要	381
复习思考题	384
自测题(A 卷)	386
自测题(B 卷)	391
部分参考答案	396
附表1—13	398
附图1—4	插页

绪 论

冷和热是我们在日常生活和工农业生产中经常遇到的一类物理现象。一个比环境介质温度高的物体，在自然放置的过程中，由于热量的散失它会渐渐地冷却，但是无论如何不可能冷到比环境介质更低的温度。如果我们用人为的方法不断地从物体中取出热量，那末，即使是比环境介质温度低的物体，也能进一步使它降低温度或者保持低于环境介质的温度。所谓制冷，就是指人为地从被冷却对象（某一物体或空间）中取出热量，并转移到环境介质中去，而使被冷却对象达到和维持比环境介质更低的温度。

实现制冷过程可以有两个途径，即利用天然冷源或人工制冷。利用冰、雪、地下水或冷空气等天然冷源简便易行、费用较低，缺点是受到季节和地区的限制，又不易控制和调节，而且一般不能获得低于 0°C 的温度，因此使用的范围有局限性。人工制冷又叫致冷，它以消耗一定的机械能或其它能量为代价，能使某一物体或空间达到并维持 0°C 以至低于 0°C 的温度。现代制冷技术就是指研究人工制冷方法及其应用的科学技术。

一、制冷技术在农产品加工中的应用

冷与食品的关系可以一直追溯到远古时代。在人类进化和发展的历程中，人类的祖先经过了漫长的时间之后，逐渐

懂得用大自然的冰雪来保存猎物或渔获物。世界上最早的有关利用天然冷源的文字记载，可在我国一部最古老的民歌选集——《诗经》中找到。《诗经》的〈豳风·七月〉中有：“二之日，凿冰冲冲。三之日，纳于凌阴”的诗句，描述了三千多年前奴隶们在寒冬腊月采集天然冰和将食物贮藏在冰窖里的辛勤劳动。《周礼》是记载我国西周各种礼仪和文物制度的重要文献，记有专为王室起居饮食生活服务的庞大机构和人员。单是专司冰政的凌人，就有下士、府、史、胥、徒等职别，共 94 人，都由男子担任；其中徒有 80 人，都是奴隶。《周礼》中提到：“凌人掌冰，正岁十有二月，令斩冰，三其凌。……春始治鉴，凡内外饗之膳羞，鉴焉”。意思是说：凌人管理用冰的事，下令在十二月采冰，贮冰量是用冰量的三倍。到了春天开始准备冰镇的容器，凡是厨师烹调的食品都要冰镇起来。应该指出，在当时王室举行便宴时，主要是吃冷食的。1977 年在陕西省凤翔县姚家岗曾发掘出春秋时代秦国的一个凌阴遗址，它的窖体达 190 米³，按照“三其凌”的说法，到夏天可以取用约 60 吨的冰，用那时的生产力条件来衡量已经相当可观了。在春秋战国时代，冬藏夏用的冰房几乎各国都有。

进入封建社会以后，用冰的技术又有发展。《鄮中记》一书载有三国时曹操在临漳县设井藏冰的故事，提到了一个空前规模的地下冰库：“有屋一百四十间，下有冰室，室有数井，井深十五丈，……”，这在 1700 多年前堪称世界第一，实在是了不起的。唐朝鼎盛时期，冰的应用已普及到民间。《唐摭言》记有：“蒯人为商，卖冰于市”。那时夏季冰雪供应紧张，一时身价百倍，以至出现了“长安冰雪，至夏日则价等金璧”的情况。据说只有诗人白居易凭他妇孺皆知的盛名，冰店才给予免费供应的优待。唐代还生产了著名的冰镇饮料——槐

叶冷陶，同时冰藏鲜肉和制作冰酪冷食的技艺也很高，这些食品冷加工的工艺方法直到 13 世纪才流传到西方。1550 年，居住罗马的西班牙医生乌拉加才发明用冰盐混合物冻结奶油、果汁，这比我国的冰酪制作要晚好几百年，所以说我国才是冰淇淋的老家。

近百余年来，与人民生活密切有关的食物工业是最早应用人工制冷技术的部门。1873 年，制冰用氨压缩机问世，翻开了人工制冷的崭新一页，它为易腐食品的保鲜贮藏提供了良好手段。1881 年，在美国波士顿出现了第一个机械制冷的冷库。有了冷库，我们就可将肉类、禽蛋、鱼虾和果蔬等农林牧渔产品经过冷加工贮藏起来，而在异地供应各种生鲜食品，以便调剂淡旺季节，保障供给或出口创汇。此外，制冷技术还广泛应用于谷物贮藏及冷饮品、饮料、啤酒、酿造、乳品、方便食品、糖果等方面的生产。制冷技术已成为现代食品工业的重要支柱。

我国于 1891 年在上海开始生产人造冰，1915 至 1916 年在汉口、南京、上海等地建成了第一批冻蛋厂，但到 1933 年还只有约 30 余座冷库。全国解放时，冷库的总容量仅 3 万吨左右。建国以来，在中国共产党的领导下，无论是制冷机制造、制冷专业教育和制冷技术的研究，还是冷库容量的增长都取得了很大的成绩。近年来，我国商业、外贸、水产、农工商系统拥有的冷库容量已达 350 万吨左右。特别是随着经济体制改革的深入，面向产区的小型冷库犹如雨后春笋般地迅速发展起来。当前，我国农村的商品生产开始发展，而冷库正是商品流通必需的基础设施之一。依靠国家、集体和个人的力量，采取多种办法集资，在集镇、农场、果园、牧区、渔区有计划地兴建中小型冷库，不仅可满足广大农民及各种

经济组织就地贮藏加工和运销农林牧渔产品的要求，为促进生产、繁荣农村经济服务，还将改变我国冷库的布局，对完善和发展我国的食品冷藏链起到积极作用。

二、人工制冷的的方法

制冷技术可按达到温度的高低划分几个范围。习惯上，我们把达到低于周围环境温度至 120K 以上的制冷技术叫**普通制冷技术**，把 120—20K 之间的制冷技术叫**深度制冷技术**，把 20—0.3K（氮在 1 个大气压下的液化温度）之间的制冷技术叫**低温制冷技术**，而把 0.3K 以下的称为**极低温制冷技术**。人工制冷的最低极限是**绝对零度**，用 0K 表示。

由于制冷范围不同，人工制冷的的方法也各不相同，制冷机也就有多种多样的型式。目前常用的制冷方法可以概括如表 0-1 所示。

表 0-1 常用的制冷方法

制冷范围	常用方法	应用举例
普通制冷 $>120\text{K}$	蒸汽压缩式 吸收式 蒸汽喷射式 热电式	冷库、化工、空调工程、冰箱等 化工、空调工程、冰箱等 空调工程 小型制冷设备、冰箱、医疗器械
深度制冷 120—20K	气体膨胀 气体节流	空气分离、制氧 天然气分离
低温制冷 20—0.3K	气体膨胀与节流的 综合	用于超导、制取液氮及红外技 术等
极低温制冷 $<0.3\text{K}$	绝热去磁	原子能工业、实验研究等

本教材仅限于讨论普通制冷范围内的蒸汽压缩式制冷。

图 0-1 是冷库制冷系统的原理图，蒸汽压缩式制冷系统由**压缩机**、**冷凝器**、**节流阀**和**蒸发器**四个主要部件组成，并以管

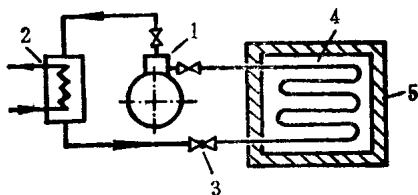


图 0-1 制冷系统原理图

1. 压缩机 2. 冷凝器 3. 节流阀 4. 蒸发器 5. 冷库

道连接成封闭系统，系统中充有**制冷剂**。液态制冷剂经过**节流阀**后减压膨胀，进入**蒸发器**后逐渐沸腾成为蒸汽。由于制冷剂在沸腾过程中要吸取很多热量，就使被冷加工的食品和库房内的温度下降。汽态制冷剂被压缩机从蒸发器中抽出，并压缩到较高的压力而排出，其温度也相应升高。高压的制冷剂蒸汽进入**冷凝器**，在定压下把热量放给环境介质（例如冷却水），自身不断被冷却而凝结成液态制冷剂。这样，制冷剂在制冷系统中经过**节流、沸腾、压缩、冷凝**四个过程，完成了一个循环；而其本身的状态又经历了由液态变为气态、气态又变为液态的变化。制冷剂在系统内周而复始地不断循环，从温度较低的冷库内把热量转移到温度较高的环境介质中去，便实现了制冷的目的。

复 习 思 考 题

1. 作为一个举世闻名的文明古国，我国人民曾为制冷技术的进步做出了那些贡献？
2. 为什么说制冷技术是现代食品工业的重要支柱？
3. 试简要说明蒸汽压缩式制冷系统的工作原理。

第一章 人工制冷的 热工基础

第一节 物质三态 热与冷

大家知道，在自然界里物质有**固态**、**液态**和**气态**三种存在状态，也就是说自然界的物体有固体、液体和气体之分。在固体中，分子间的距离很小，分子间的作用力很大，绝大多数分子只能在平衡位置附近做不规则的振动，所以固体保持着一定的体积和形状。气体中分子间的距离比较大，很容易被压缩，分子间的作用力也很小，气体分子可以在空间里自由移动，做杂乱无章的不规则运动，故气体能均匀地充满它所占据的空间。因此气体既没有一定的体积，也没有一定的形状。液体则介于固体与气体之间，不过液体的分子结构比较接近固体。液体分子间的作用力比气体大得多，使液体具有一定的体积。但是液体的分子运动还有相互移动位置的特点，故液体容易流动，也没有一定的形状。

一切物质都是由分子所组成的，而物质分子又处于经常不停的不规则运动中。由于这种运动的强弱（即运动能量的大小）在宏观上反映出物体热能的大小，故称为**分子热运动**。当某物体内部分子热运动的能量增大时，物体的热量就增大，给人的感觉为物体变热；相反，当物体的分子热运动减弱时，

物体的热量减少，物体也就变冷了。所以，热与冷是相比较而存在的一种能量形式，它们的物理本质是相同的。

自然界的一切物质都在不停地运动变化，在一定的条件下物质的三态之间也可以互相转化。物质究竟以哪种状态存在，要由物质分子的运动情况和分子间相互作用的情况来决定。当物体接受热量时，分子热运动加快，它具有的热能就增加，热量变化达到一定程度时则将引起物态的变化。例如，固体的冰（水的固态）吸收足够的热量后，分子振动加剧，分子间的相互作用力已不能把分子限制在平衡位置上振动，原有的分子排列被破坏，它便转化为液体水（水的液态）。当水中某些运动速度较大的分子克服了水面其它分子的吸引力时，它们又会跑到空间去成为水蒸气（水的气态）。相反，当水蒸气散失热量后便冷凝成水，如果将水继续冷却又会转化成冰。物质的这种聚集状态变化又叫做相的变化。显然，物质在相变过程中伴有热量的得失——吸热或放热。人工制冷的某些常用方法正是利用了物质相变的这种特性。

第二节 压力、温度、比容

在蒸汽压缩式制冷系统中不断循环着制冷剂，这是用来实现人工制冷的工作物质，简称工质，如氨、氟利昂等。气态物质（气体或蒸汽）密度小、膨胀压缩性高、流动性好，是最常用的工质。工质的状态可用一些状态参数来说明。每一个确定的状态，都有确定的状态参数。在制冷过程中，工质的热力状态经常发生变化，它的状态参数值也相应改变。压力、温度、比容这三个状态参数，可以直接观察和测量，它们的物理意义也容易被理解，通常称为基本状态参数。