

商业职工初级读本

冷冻工艺知识

李必贤 张惠琴编写

中国商业出版社

商业职工初级读本
冷冻工艺知识
李必贤 张惠琴 编写

中国商业出版社出版
新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售
北京朝阳区慧外印刷厂印刷

787×1092毫米 32开 12.625印张 284千字
1986年10月第1版 1986年10月北京第1次印刷
印数：1—8,000册
统一书号：13237·022 定价：2.30元

编写说明

《冷冻工艺知识》一书，是我司组织编写的商业职工初级读本之一，也可供职工业务技术补课参考之用。

本书由南京市第二商业局直接负责组织，上海市二商局、武汉市二商局参加，南京肉类联合加工厂李必贤、张惠琴二同志执笔编写的。最后，经中国食品公司张孝若、汪镇荪同志审定。在编写过程中，得到南京市许多单位的支持帮助。初稿修编后，又请了徐金宝、孔鹤亭、范国泰等同志分别对有关章节进行了校阅，在此一并致谢。

商业部教育司

一九八四年十二月

上 篇 制冷技术

第一章 制冷的理论基础.....	(2)
第一节 气体的热力参数.....	(3)
一、温度、压力、比容.....	(3)
二、比热、焓.....	(5)
第二节 热力学定律.....	(7)
一、热力学第一定律.....	(7)
二、热力学第二定律.....	(7)
第三节 湿度.....	(8)
一、绝对湿度与含湿量.....	(9)
二、相对湿度与露点.....	(9)
第四节 传热方式.....	(11)
一、导热.....	(11)
二、对流热交换.....	(12)
三、辐射热交换.....	(13)
第二章 蒸汽压缩式制冷循环.....	(16)
第一节 蒸汽压缩式制冷循环.....	(17)
一、压—焓图.....	(17)
二、单级压缩式制冷循环.....	(20)
第二节 活塞式制冷压缩机工作过程.....	(25)
一、压缩机工作过程.....	(25)
二、四个系数.....	(28)
三、压缩机的制冷量.....	(36)
四、压缩机的工作.....	(36)
第三节 两级压缩式制冷循环.....	(42)

第四节	制冷剂与载冷剂.....	(45)
一、氨.....	(46)	
二、氟利昂—12、氟利昂—22.....	(47)	
三、载冷剂.....	(50)	
第三章	活塞式制冷压缩机.....	(53)
第一节	系列活塞式制冷压缩机简介.....	(53)
一、系列机的特点.....	(54)	
二、型号的意义.....	(55)	
三、压缩机的总体结构.....	(56)	
第二节	压缩机的零部件.....	(62)
一、机体.....	(62)	
二、汽阀组.....	(64)	
三、活塞组.....	(68)	
四、卸载装置(能量调节装置).....	(72)	
五、连杆组.....	(75)	
六、曲轴、主轴承与轴封.....	(78)	
七、安全阀.....	(85)	
第三节	润滑系统.....	(87)
一、润滑的作用与油路.....	(87)	
二、对润滑油的要求.....	(96)	
第四节	水路系统与电路系统.....	(99)
一、水路系统.....	(99)	
二、电路系统.....	(99)	
第四章	制冷设备与供液方式.....	(106)
第一节	高压管路部分.....	(106)
一、油分离器和集油器.....	(107)	
二、冷凝器(附空气分离器).....	(109)	

三、高压贮液器.....	(115)
第二节 低压管路系统.....	(116)
一、节流阀与截止阀.....	(117)
二、氨液分离器.....	(118)
三、低压循环贮液器.....	(119)
四、氨泵.....	(121)
五、蒸发器.....	(126)
六、中间冷却器.....	(130)
七、排液器.....	(132)
八、紧急泄氨器.....	(133)
九、过滤器.....	(134)
第三节 供液方式.....	(135)
一、直接膨胀系统.....	(135)
二、重力供液系统.....	(135)
三、氨泵供液系统.....	(136)
第四节 制冰.....	(139)
第五章 制冷系统的操作与调整.....	(143)
第一节 制冷系统正常工作标志.....	(144)
一、系统工况.....	(144)
二、压缩机运转工况.....	(145)
三、其它设备工况.....	(145)
第二节 制冷系统的操作与调整.....	(146)
一、制冷压缩机的操作与调整.....	(146)
二、氨系统的放油操作.....	(153)
三、冷凝器的操作.....	(156)
四、氨系统的放空气操作.....	(157)
五、贮液器的操作.....	(159)

六、低压循环贮液器、氨液分离器的操作.....	(160)
七、泵的操作管理.....	(162)
八、氨系统的冲霜排液操作.....	(166)
九、冷风机的操作.....	(169)
十、制冷系统的加氨操作.....	(170)
第三节 制冷压缩机常见故障与排除方法.....	(173)
一、压缩机来霜、敲缸的故障.....	(173)
二、压缩机汽缸拉毛的故障.....	(175)
三、压缩机汽缸或曲轴箱中有敲击声.....	(176)
四、压缩机启动不起或运转不正常.....	(177)
五、烧瓦、抱轴的事故.....	(177)
第四节 制冷系统操作时常见故障.....	(181)
一、制冷剂蒸发温度过高或过低的原因 及消除方法.....	(181)
二、冷凝温度过高或过低的原因及消除 方法.....	(183)
三、压缩机的排汽温度过高或过低的原因 及消除方法.....	(184)
四、氨泵故障的原因及消除方法.....	(185)
第五节 制冷系统的维护与检修.....	(186)
一、维修目的与内容.....	(186)
二、测量、检修工具的使用.....	(189)
三、制冷压缩机的拆卸与组装.....	(197)
四、零部件与设备的修理.....	(210)

下 篇 冷冻工艺

第六章 冷库的组成	(219)
第一节 冷库的分类	(221)
一、生产性冷库	(221)
二、分配性冷库	(222)
三、综合性冷库	(222)
第二节 冷库的热负荷	(226)
一、食品与包装材料所散发的热量	(226)
二、外界所传入的热量	(227)
三、操作经营时所带入的热量	(228)
四、库内需要换气、送入新鲜空气所带入的热量	(229)
第三节 冷库建筑的特殊性	(230)
一、隔热材料	(231)
二、防潮材料	(234)
第七章 食品冷加工原理与方式	(236)
第一节 低温贮藏食品的基本原理	(236)
第二节 食品冷加工过程中的物理变化	(236)
一、食品冷加工中的热交换	(236)
二、食品冻结过程中的冰结晶	(237)
三、食品在冷加工过程中的重量损失	(240)
第三节 冷加工方式与冷藏	(240)
一、冷却与冷却设备	(240)
二、冻结方法和冻结装置	(243)
三、冷藏	(246)

第八章 肉的冷加工	(248)
第一节 肉的性质和成份	(248)
一、肉的组织形态.....	(248)
二、肉的化学组成.....	(250)
三、肉的食用意义.....	(254)
第二节 肉的冷却与冻结	(256)
一、肉在保存期间的变化及其新鲜度检查.....	(256)
二、肉的冷却.....	(260)
三、肉的冻结.....	(263)
第三节 肉的冷藏	(266)
一、冷却肉的冷藏.....	(266)
二、冻结肉在贮藏期的变化.....	(267)
三、食品的干耗.....	(270)
第四节 分割肉的冷加工	(272)
一、分割肉的规格.....	(272)
二、加工分割肉的意义.....	(273)
三、分割肉的冷加工工艺及卫生措施.....	(274)
第九章 鱼类的冷加工	(278)
第一节 鱼类的特性	(278)
一、鱼类的化学成份.....	(278)
二、鱼类死后的变化.....	(281)
第二节 鱼类冷加工与冷藏	(286)
一、鱼类的冷却.....	(286)
二、鱼类的冻结与冷藏.....	(289)
三、其它水产品的冷加工.....	(293)
第十章 禽蛋冷加工	(296)
第一节 禽蛋的性质	(296)

一、禽肉的形态特性·····	(296)
二、蛋的构造与成份·····	(299)
三、鲜蛋的腐败变质·····	(301)
第二节 禽的冻结与冻藏·····	(303)
一、冻结工艺·····	(303)
二、禽的冻藏·····	(305)
第三节 鲜蛋的冷却与冷藏·····	(306)
一、原料的选择·····	(307)
二、鲜蛋的冷却·····	(311)
三、鲜蛋的冷藏·····	(312)
第四节 冰蛋的生产·····	(318)
一、冰蛋的生产工艺·····	(318)
二、冰蛋的贮藏·····	(321)
三、冰蛋的质量标准·····	(322)
第十一章 果蔬的冷加工·····	(323)
第一节 果蔬的化学组成·····	(323)
第二节 呼吸作用与呼吸热·····	(329)
一、呼吸作用的基本概念·····	(329)
二、呼吸热·····	(331)
三、影响呼吸作用的因素·····	(331)
第三节 果蔬的冷却与冷藏工艺·····	(332)
一、果蔬原料的处理·····	(332)
二、果蔬的冷却·····	(335)
三、果蔬的冷藏与冷藏过程中的变化·····	(336)
四、气调贮藏·····	(340)
第四节 果蔬的速冻·····	(344)
一、工艺流程·····	(345)

二、几种果蔬的速冻工艺·····	(347)
第十二章 冷库的管理 ·····	(35)
第一节 冷库的库房管理·····	(350)
一、使用冷库应注意的问题·····	(350)
二、加强管理工作、保证商品质量·····	(352)
三、合理码垛、提高库房利用率·····	(357)
第二节 冷库的卫生管理·····	(358)
一、冷库的卫生和消毒·····	(358)
二、食品冷加工过程中的卫生管理·····	(361)
复 习 题 纲·····	(366)
附 录 ·····	(370)
1 R—717的热力性质表·····	(370)
2 R—12 的热力性质表·····	(374)
3 R—22 的热力性质表·····	(382)
4 氯化钠和氯化钙水溶液的比重表·····	(387)
5 氯化钠和氯化钙盐水的比热表·····	(388)
6 R—717 log P — i 图·····	(390)

上 篇 制冷技术

认识从实践开始。人们从日常生活里，发现了食品在储藏过程中发生变质现象，使大量食品腐败而遭受严重损失，特别是在气温较高的时候尤为突出。如何使食品免于腐败，这是几千年来劳动人民一直在进行探索的问题之一。人们在实践中创造了许多方法，如晒干、腌制、密封保藏等，但这几方法，往往使食品改变了味道，不很理想。根据人们的实践发现，低温保藏食品是比较理想的，它基本上可保持食品的原来样子。因此很久以前，就有人在夏天利用天然冰窖保藏食品，而随着科学技术的发展，人工制冷也在近百年产生了，起初是用于食品保藏，如今几乎每个部门都应用冷冻技术了。

研究低温的产生、应用，制冷机器及其使用、维护保养的方法等都属于制冷技术的范畴。

第一章 制冷的理论基础

一般地讲，物质有气态，液态和固态三个聚集状态，与液体或固体相比，气体密度低（即单位体积内所含有的物质数量少），压缩性高（在压力作用下，容积可发生任意的变化），气体能均匀地分布在空间内，完全装满任何形状和任何体积的容器。液体比气体的密度大（临界状态的液体除外），粘度及压缩性低。液体和气体一样，无一定的形状，它的形状就是容器的形状。几种不同的任何气体，不管量的多少，都能混合成一均匀相（即几种不同气体均匀混合）。但是有些液体可以全部混溶，有些只能部分混溶，有些则完全不能混溶。气体和液体虽然都是流质，但是它们的内聚力（或内压力）的差别却极大（液体的内压力 $2000\sim 8000$ 大气压/厘米²）。固体有一定程度的刚性，能抗拒外来的变形作用，因而有一定的形状，这个刚性不决定于固体的密度（有时固体的密度可能小于液体，如冰和水比，水结冰时，体积要膨胀。就是说，水的数量没有改变，状态改变，体积加大，单位体积内水分子数量相对少了）。由于固体内部的原子或分子有一定的排列，不象气体或液体分子那样可以移动到另一地方。不同的固体，往往有不同几何形式的结构单位。

一般说来，液体的性质介于气体和固体之间。若用热力学观点去看物态，三态的不同点是它们能量的差别。水放出能量变为固体冰，而冰吸收了能量之后变为液体水。

第一节 气体的热力参数

气体每一个别状态具有一定数值的物理量，这些物理量叫做参数，气体的状态由两个独立的参数决定，气体的状态决定气体的其他全部参数。

一、温度、压力、比容

(一) 温度

运动是物质存在的形式，是物质固有的属性。物质分子既然在不断地运动着，必然产生一定的能量，而这部分能量可以转变成热量，使人们感觉到冷热程度。温度就是用来表现物体冷热程度的。根据分子运动学说，温度是大量分子移动动能平均值的标志，温度升高，分子运动的速度加快，反之，温度降低，分子运动的速度减慢。

实际测量温度时，各国多采用国际百度温标。这种温标是指当大气压力为760毫米汞柱时，取水的冰点为零度，沸点为100度，称为摄氏温度，用 $t^{\circ}\text{C}$ 表示。

由于物质分子是在不断运动着，因此物质就具有一定的温度。当分子的热力运动完全停止时所显示的温度叫绝对零度，零度起算的温度叫绝对温度，这是在国际单位制中，用热力学温标表示的温度，单位是开尔文，用 $T^{\circ}\text{K}$ 表示。

还有一种华氏温度表示方法，用 $t^{\circ}\text{F}$ 表示。这三种温度之间的关系，可用下列三式表示：

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

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

$$t^{\circ}\text{C} + 273.15 = \text{TK}$$

应注意的是，温度是表示物体的冷热程度，它并不代表物体所含有热量的多少，因为物体的构成和热容不同，或所受的压力不同，它每变化一度，热量的增减也就不一样。因此，温度虽然相同的两个物体，可是含有的热量不一定相等。

(二) 压力

物质分子在不断运动中，必然撞击容器壁，撞击的结果产生作用力，我们把垂直作用在物体表面上的力称为压力，物体单位面积上所受的力，叫作压强（P），用公式：

$$P = \frac{F}{S} \text{ 公斤力/厘米}^2$$

式中F表示压力，S表示受力面积，国际单位制中压强的单位是帕斯卡（中文代号是帕）。1帕就是在1平方米的面积上作用1牛顿力。

$$1 \text{ 帕 (Pa)} = 1 \text{ 牛顿/米}^2 \text{ (N/m}^2\text{)}$$

$$1 \text{ 公斤} = 9.8 \text{ 牛顿}$$

在实际应用中所说的压力就是压强。计算压力的起点有两种：

(1) 由大气压力起算的压力称为表压力，用 $P_{\text{表}}$ 表示。

(2) 由真空起算的压力称为绝对压力 $P_{\text{绝}}$ 。现用的度量单位为公斤力/厘米²，公斤力/米²。它们之间的关系是：

$$P_{\text{表}} = P_{\text{绝}} - P_{\text{大气}}$$

$$P_{\text{真空}} = P_{\text{大气}} - P_{\text{绝}}$$

$$\text{真空度} = (P_{\text{真空}}/P_{\text{大气}}) \times 100\%$$

工程上为了使用和换算方便，将1公斤力/厘米²，(Kgf/

cm²) 作为一个大气压, 称为工程大气压, 简称气压。它与大气压、汞柱、水柱之间的关系:

$$\begin{aligned} 1 \text{ 公斤力/厘米}^2 &= 0.9678 \text{ 大气压} = 735.6 \text{ 毫米汞柱} \\ &= 10 \text{ 米水柱} = 14.233 \text{ 磅/吋}^2 \end{aligned}$$

(三) 比容

任何一个物体, 都要占有相当的空间 (即体积或容积, 它以符号 V 表示, 单位米³), 在热力学上, 把 1 公斤物体所占的容积, 叫做该物质的比容, 以 v 来表示, 单位为米³/公斤。

如果有 G 公斤的气体占有的总容积为 V 米³, 那末该气体的比容为:

$$v = \frac{V}{G} \text{ 米}^3/\text{公斤}$$

比重是指某种物质单位容积的重量, 以 r 来表示:

$$r = \frac{G}{V} \text{ 公斤/米}^3$$

故比容与比重的关系互为倒数。

二、比热、焓

物体在加热或冷却过程中, 吸收或放出的热量有两种: 显热与潜热。前者是指使物体温度升高的热量 (它能用温度计测量); 后者是使物体状态改变的热量, 此时物体的温度不发生变化 (热量用来增加分子的能量, 一部分克服外力而做功, 温度不升高状态改变)。根据状态变化情况, 又分为汽化潜热 (液体 $\rightarrow$ 气体)、凝结潜热 (气体 $\rightarrow$ 液体) 两种。汽化过程有两种方式: 蒸发与沸腾。在任何温度下, 液体表面发生的汽化现象叫蒸发; 在液体表面和内部同时进行的剧烈汽化的现象叫做沸腾。液体沸腾时的温度叫做沸点。

在相同压力下，各种液体的沸点是不相同的。物体发生状态的变化，必须吸收或放出热量。

（一）比热

单位数量的物质，在任何状态的变化过程中，使温度升高或降低 1°C ，所需加入或放出的热量，叫做这个物质的单位热容量或叫比热，用符号 C 表示，单位是千卡/公斤 $\cdot^{\circ}\text{C}$ 或瓦 $\cdot$ 秒/公斤 $\cdot^{\circ}\text{C}$ 。

1 公斤气体，温度升高 1°C 所需加入的热量，叫做重量比热。

如果保持气体容积不变而对其进行加热，此时的比热称之为定容比热，用 C_v 表示。

如果保持气体压力不变而对其进行加热，此时的比热称为定压比热，用 C_p 表示。

由于定压、加热过程时气体要对外作膨胀功，故单位重量的气体温度升高 1°C ，要比定容加热过程吸收更多的热量。因而，定压比热要比定容比热大。

气体的定压比热 C_p 与定容比热 C_v 的比值，称为绝热指数，用符号 K 表示，即 $K = C_p / C_v$ 。对于氨， K 值为 1.30，空气的 $K = 1.40$ ，F-12 的 $K = 1.14$ ，因此，空气经过绝热压缩，终了的温度最高，其次为氨，F-12 较低。

（二）焓

在制冷技术中，要应用“热焓”这个状态参数（简称焓），通常它是对 1 公斤液体或气体而言的，其单位是千卡/公斤或千焦耳/公斤（1 千卡 = 4.18 千焦耳）。它用符号 H 表示或用 i 表示。

焓是表示某物质在某一状态下所具有的总能量，它等于某物质的内能和压力位能之和。