

SHIPIN LENGDONG GONGYI

杨耀寰

食品冷冻工艺

浙江科学技术出版社



食品冷冻工艺

杨耀寰

浙江科学技术出版社

责任编辑 李卓凡
封面设计 陈伟平

食品冷冻工艺

杨耀寰

*

浙江科学技术出版社出版
浙江萧山印刷厂印刷
浙江省新华书店发行

开本787×1092 1/32 印张7.375 字数154,000

1986年6月 第一版

1986年6月第一次印刷

印数: 1—5,000

统一书号: 15221·113
定 价: 1.25 元

内 容 提 要

本书系统地介绍了食品冷冻的原理和操作技术。全书分十二章，前半部分叙述制冷的历史、应用和原理；冷藏库的建设、使用和管理；制冷机的操作和维修；食品的冷冻原理和国外的冷冻技术。后半部分介绍肉、禽、蛋、鱼、乳、水果、蔬菜类食品的冷却、冻结、冷藏、冻藏、升温回热的基本理论和工艺技术。书中配有大量图、表资料，供读者参阅。

本书可供冷冻厂、冷藏库、罐大厂、肉类加工厂、蛋品厂、乳品厂、水产品加工厂、水果蔬菜行业及商业部门的技术员、工人及管理人员参考，也可作大专院校制冷专业及有关技校或培训班的教材。

前 言

用冷冻来保藏、运输和加工食品，在食品行业中具有重要意义。新鲜食品易腐易坏，在生产上过度集中，且存在着严格的地区性和季节性差别，可是人们在消费上无论春、夏、秋、冬，常年不可中断。采用冷冻加工方法就能缓解甚至消除这些矛盾。特别是冷冻能最大限度地保持食品固有的性状和营养价值，所以说它是一种既经济、又方便的科学方法。

建国前我国冷库总容量只有二万二千余吨，冷藏事业非常落后。建国后党和政府对冷藏事业极为重视，大力兴建冷库，到1983年底全国仅商业冷库总容量就达一百九十三万吨，各种类型冷库在各大、中城市、沿海口岸、产区和销区星罗棋布，脉络相通，全国性冷藏网业已形成，它对发展工农业生产、调节市场供需和出口贸易，都起着巨大的作用。

随着食品工业和农村商品经济的发展，人民生活水平的不断提高，农副产品的冷冻加工与贮藏必将进一步兴旺繁荣。

本书从制冷的发展历史开始，叙述了制冷在国民经济各部门中的应用，以及制冷原理；冷库选址、建设、使用、管理；制冷机的操作、维修；还详细地讲述了食品冷冻的原理，以及欧洲、美国和日本的冷冻技术。本书后半部分着重介绍肉、禽、蛋、乳、鱼、蔬菜水果等类食品的营养成分和冷却、冻结、冷藏、冻藏、升温回热的工艺技术。书中附录了有关的图表资料和数据，供读者参阅。

本书插图由姜继全同志绘制，在此表示谢意。

限于本人的水平，书中难免还存在一些缺点甚至错误，殷切希望读者批评指正。

编著者

目 录

前 言

第一章	制冷在国民经济中的应用	(1)
第一节	制冷技术在我国的发展	(1)
第二节	制冷在各经济部门的应用	(3)
第二章	制冷原理	(8)
第一节	冰制冷	(8)
第二节	气体制冷	(11)
第三节	空气制冷系统	(12)
第四节	蒸发冷却	(13)
第五节	气体制冷系统	(15)
第三章	冷库	(16)
第一节	冷藏库的用途	(16)
第二节	冷藏库的库址选择	(16)
	一、交通运输条件	(17)
	二、区域环境	(17)
	三、地形、地质条件	(18)
	四、水源	(19)
	五、电源	(19)
	六、库址选择	(19)
第三节	冷藏库的总体布局	(20)
第四节	冷藏库的建筑结构及特点	(21)
第五节	冷藏库的类型	(24)

一、生产性冷藏库·····	(24)
二、分配性冷藏库·····	(26)
三、综合性冷藏库·····	(26)
第六节 冷藏库隔热材料·····	(29)
一、选用隔热材料的技术要求·····	(29)
二、常用的隔热材料·····	(30)
三、隔热材料的选用·····	(37)
四、隔热层的厚度·····	(37)
第四章 冷库的使用和管理·····	(38)
第一节 冷库的使用·····	(38)
一、冷库使用前的准备·····	(38)
二、入库食品的验收·····	(40)
三、食品的冷却和冻结·····	(41)
四、食品的冷藏·····	(42)
第二节 冷藏库的容量·····	(47)
第三节 冷库管理上技术经济指标的计算法·····	(50)
一、冷库容量利用率·····	(50)
二、干耗率·····	(51)
三、冷藏成本·····	(51)
四、劳动效率·····	(51)
第四节 冷藏库的除霜与冲霜·····	(52)
第五章 制冷机器与设备的使用技术·····	(53)
第一节 制冷机器与设备的操作·····	(53)
一、立式氨压缩机井字形控制阀组的使用·····	(53)
二、压缩机的初次运转试验·····	(55)
三、管路系统试漏·····	(58)
四、管路系统的排污·····	(58)
五、制冷系统的真空·····	(59)
六、系统加氨·····	(59)

七、盐水系统试漏	(61)
八、压缩机的开车、运转和停车	(61)
九、压缩机运转不正常情况及消除方法	(64)
十、油氨分离器的放油操作	(69)
十一、氨系统冲霜操作	(70)
十二、排液桶的放油和排液操作	(71)
第二节 制冷机器与设备的检修	(72)
一、压缩机的检修	(73)
二、油氨分离器的检修	(76)
三、冷凝器的检修	(77)
四、盐水蒸发器的检修	(79)
五、离心盐水泵的检修	(80)
第六章 食品冷冻的基本原理	(81)
第一节 食品的化学成分和性质	(81)
一、水分	(81)
二、蛋白质	(82)
三、脂肪	(84)
四、糖类	(84)
五、维生素	(86)
六、矿物质	(90)
七、酶	(91)
第二节 食品的变质	(93)
一、由微生物的作用引起的食品变质	(93)
二、由酶的作用引起的食品变质	(95)
三、非酶引起的食品变质	(96)
第三节 低温贮藏食品的原理	(97)
第四节 低温与微生物的关系	(99)
一、杀菌和抑菌	(100)
二、环境条件的控制	(100)

三、温度	(101)
四、氧气	(103)
五、水分	(104)
六、水分的活性	(104)
七、冻结食品中的微生物	(106)
第五节 食品的冷却和冻结	(108)
一、冷却和冻结	(108)
二、温度范围	(108)
三、从物理角度看食品的冷却和冻结	(111)
第六节 食品的冷藏	(120)
一、食品的冷藏和冻藏	(120)
二、冷却食品的冷藏	(121)
三、冻结食品的冻藏	(121)
第七章 肉类的冷冻	(123)
第一节 肉的化学成分和营养价值	(123)
第二节 肉类的冷却	(131)
一、肉类冷却的目的	(131)
二、肉类冷却的条件和工艺	(132)
三、国外的肉类冷却工艺	(134)
四、肉类冷却过程中的变化	(138)
第三节 肉类的冷藏	(145)
一、冷藏的目的	(145)
二、冷藏的条件	(146)
三、冷藏过程中肉的变化	(147)
第四节 肉类的冻结	(148)
一、冻结的目的	(148)
二、冻结方法	(149)
三、冻结速度	(150)
四、肉类的冻结工艺	(151)
五、肉类冻结过程中的变化	(155)

第五节	肉类的冻藏	(157)
一、	肉类在冻藏过程中的变化	(157)
二、	冻藏条件与方法	(159)
三、	冻藏期限	(160)
第六节	牲畜副产品的冷冻工艺	(160)
一、	食用副产品的冷冻工艺	(160)
二、	脏器药品原料的冷冻工艺	(161)
第八章	禽类的冷冻	(164)
第一节	禽肉的营养价值和化学成分	(164)
第二节	禽肉的冷却	(165)
一、	禽肉的加工及冻禽的原料要求	(165)
二、	鲜鸡肉国家卫生标准	(166)
三、	禽肉的冷却和冷藏	(166)
第三节	禽的冻结和冻藏	(169)
第四节	野禽的保藏	(171)
第九章	蛋与蛋制品的冷冻	(173)
第一节	蛋的构造与化学成分	(173)
一、	蛋的构造	(173)
二、	蛋的化学成分和营养价值	(174)
第二节	鲜蛋的冷却	(176)
一、	鲜蛋冷却前的预处理	(176)
二、	鲜蛋的冷却工艺	(177)
第三节	鲜蛋的冷藏	(178)
一、	鲜蛋的冷藏	(178)
二、	冷藏蛋出库前的升温	(180)
三、	鲜蛋冷藏过程中的变化	(180)
第四节	全蛋液的冷冻与贮藏	(183)
第十章	鱼及鱼制品的冷冻	(184)
第一节	鱼肉的营养价值和化学成分	(184)

第二节	鱼类的冷却	(186)
一、	碎冰冷却法	(186)
二、	冰盐水冷却法	(187)
三、	微冻保鲜	(187)
四、	烫漂冷却法	(188)
第三节	鱼类的冻结与冻藏	(188)
一、	鱼类的冻结	(188)
二、	鱼及鱼制品的冻藏	(189)
第十一章	乳及乳制品的冷冻	(191)
第一节	乳的成分、性质和营养价值	(191)
第二节	乳类的冷冻及贮藏	(192)
第三节	奶油的贮藏	(193)
第四节	干酪的冷冻和贮藏	(196)
第五节	酸乳制品的保藏	(197)
第十二章	水果和蔬菜的冷冻	(198)
第一节	水果、蔬菜的化学成分和性质	(198)
第二节	水果、蔬菜的生理特性	(203)
第三节	水果、蔬菜的冷却和冷藏	(205)
一、	入库前的准备	(205)
二、	水果、蔬菜的冷却	(205)
三、	水果、蔬菜的冷藏	(206)
四、	水果、蔬菜冷藏中的变化	(209)
五、	冷藏水果、蔬菜出库前的升温	(210)
六、	几种水果、蔬菜的冷藏工艺	(210)
第四节	水果、蔬菜的气调贮藏	(214)
一、	气调贮藏的原理与效果	(214)
二、	几种水果、蔬菜的气调贮藏	(217)
三、	减压贮藏法	(219)
四、	薄膜包装贮藏	(219)
第五节	水果、蔬菜的冻结	(220)

第一章 制冷在国民经济中的应用

第一节 制冷技术在我国的发展

人们在掌握人工制冷技术以前是利用大自然的天然冷源。我们勤劳的祖先在三千多年以前就掌握采集天然冰进行冷藏的技术。《诗经》中有“凿冰冲冲，纳于凌阴”的诗句。早在三千年前的周朝，就已经有了冰窖——“凌阴”，冬天人们把冰藏在里面，到了夏季再取出来使用。当时有专门管冰窖的机构，负责管理的人叫做“凌人”。这是世界上关于采集、贮存和使用天然冰的最早记录。

到了春秋战国时期，各国几乎都有藏冰的冰房，当时有用冰放在死人的床下，叫做“寒尸”，使尸体不至于很快腐烂。在当时生产力还很落后的奴隶社会，我国劳动人民就已掌握用冰制冷。

到了秦代，冰的使用进了一步。据《艺文志》记载：“大秦国有五宫殿，以水晶为柱拱，称水晶宫，内实以冰，遇夏开放”，可见当时已把冰用于空气调节了。后来用冰制冷的技术又有了发展。《汉书·惠帝纪》中记载有“秋七月乙亥，未央宫凌室灾”。三国时，曹操重视冰房建设。《邺中纪》中介绍，当时建造一座“冰井台”规模颇大：“有屋一百四十间，上有冰室，室有数井，井深十五丈，藏冰及石墨……”又记载“曹操在临漳县西南设井，建石虎于其上藏冰。三伏之日以赐大臣”。唐云仙杂记：“长安冰雪，至夏月则价等全璧，惟白乐

天以诗名动于闾阎，每需冰雪，论筐取之，不复偿值”。对于夏季用冰，在《玉堂杂记》、《杜阳杂编》等古书中都有记述。在《齐民要术》中还记载农业上用雪水拌种，或把种子浸水后，使其结冰进行冷冻处理，增强种子的抗寒性，以改良种子，提高产量。这种方法还应用于其他作物、动物种卵的冷冻处理和保存。

用冰制清凉饮料在我国也有悠久的历史。最早记载于周朝，当时用铜鉴作水缸，也当“冰箱”，冰镇各种饮料和食品。到战国时代，《楚辞·招魂》中记载：“挫糟冻饮，酌清凉些”。意思是说，冰镇的糯米酒，喝起来又香又清凉。到唐朝，冰镇饮料已相当普遍，那时有名的“槐叶冷淘”，就是用槐叶汁加砂糖用冰镇制成的。

我国沿海渔民，很早就会使用冰，常把冬季贮藏的天然冰装进船舱，作为冷藏材料，出海捕鱼时用来冷藏鱼类，以保持鱼类的新鲜程度。这就是人们所说的“冰鲜船”。元朝初年，意大利人马可·波罗(1254—1324)来到中国，居住了二十多年，回国后写了著名的《马可·波罗游记》，描写当时中国社会的繁华兴盛和文物风貌，并把作冰和冰酪的方法带了回去。并传遍欧洲各地。

制冷技术还应用在建筑施工中。明朝时为把200多吨重的整块巨石搬运到北京故宫的工地，就在沿路开凿很多水井，人称“百步一井”。等到冬季，提水浇路，使路面结成冰道，才把巨石完整地拉运到目的地。在当时没有大功率的搬运机械，利用冰冻运输问题，可以说是科学技术上的一个伟大创举。

我国古代劳动人民广泛地应用天然冰的技术，理应更早发展到人造冰和人工制冷技术上来，但是由于封建统治束缚了科学技术的发展，制冷技术一直处于停滞不前的状态。

十九世纪西方在工业革命的推动下，人工造冰、机械制冷工业陆续发展起来。旧中国虽已从西方引进一些制冷机械，由于当时统治者腐败无能，制冷技术进展缓慢。

解放后，党和政府十分重视制冷工业，随着工农业生产和对外贸易的发展，冷藏库星罗棋布，遍及全国各大中城市及沿海口岸。到1983年底，仅商业部系统拥有冷库一千三百一十二座，总容量达一百九十三万吨。全国肉类冷藏加工企业有一千多个，冷藏火车奔驰在祖国各条铁路线上，冷藏船也往返于沿海及内河各港口之间，载运各种冷冻食品供应城乡人民的需要。

在制冷机械和设备方面，从无到有，从小到大，从仿制到自行设计。许多新工艺、新技术、新产品相继出现，不仅满足国内建设的迫切需要，而且还出口外销。在人材培训方面，一些高等学校先后开办了制冷专业，培养专门人才，各种中专、技校及短期培训班更是雨后春笋般兴办起来，我国制冷和冷藏工业正欣欣向荣，蓬勃发展。

第二节 制冰在各经济部门的应用

什么叫做制冷？制冷就是人工降低物体的温度，使低于周围环境的温度。现代制冷技术都是指人工制冷（或称“致冷”）的各种方法。

从日常生活中知道，在一个大气压下，使水变成冰，就要把水冷却到零摄氏度（ 0°C ）以下。要使氨气变成液体氨，就要把氨气的温度降低到零下 33.4°C （ -33.4°C ）以下，这 -33.4°C 就叫做氨在一个大气压下的液化温度。

表1—1列出制冷中常用的一些气体在一个大气压下的液化温度。

表 1—1 制冷技术名称及常用的一些气体

制冷技术习惯名称	物 质	在一个大气压下的 液化温度
普 冷 (-100℃以上)	氟利昂-11 (CCl_2F)	+23.8℃ (296.95K)*
	氟利昂-12 (CCl_2F_2)	-29.8℃ (243.35K)
	氨 (NH_3)	-33.4℃ (239.75K)
	氟利昂-22 (CHClF_2)	-40.8℃ (232.35K)
深 冷 (-100~-200℃)	乙烯 (C_2H_4)	-103.7℃ (169.45K)
	甲烷 (CH_4)	-161.45℃ (111.7K)
	氧 (O_2)	-182.98℃ (90.17K)
	氮 (N_2)	-195.8℃ (77.35K)
低 温 (-200~-268.95℃)	氢 (H_2)	-252.77℃ (20.38K)
	氦 (He)	-268.95℃ (4.2K)
极低温 (4.2K以下)		

*K表示绝对温度。在数值上，绝对温度等于摄氏温度加273.15度。

在专业习惯上，人们把低于周围环境温度至-100℃以上的制冷技术叫普通冷冻，简称为普冷。把-100~-200℃之间的制冷技术叫深度冷冻，简称深冷。把-200℃至液氮温度-268.95℃ (4.2K)之间的制冷技术叫低温制冷，简称低温。把液氮温度(4.2K)以下的制冷技术叫极低温制冷，简称极低温。

制冷除用于食品贮藏、棒冰生产等方面外，在国民经济各部门都得到了广泛的应用。

在工业方面，就炼钢业来说，近代炼钢工业采用氧气顶吹和氧气底吹技术，这是缩短冶炼时间，提高产量，生产优质钢的关键。炼一吨钢约需50立方米的氧气，大量的氧气，就是用深冷分离空气的技术来获得的。在冶炼中使用冷可以提高钢材的性能，例如，合金成分较高的钢淬火后，有残存的奥氏体，

如经 $-70\sim-90^{\circ}\text{C}$ 的低温处理后，奥氏体变成马氏体，就提高了钢的硬度和强度。

在采矿业中，开凿矿井和挖掘坑道时，如果遇到泥沙含水，就可利用冷冻法将施工地段的四周冻成冰土围墙，以防止水渗进去，使护壁的强度坚固，保障施工安全进行。

在机器制造业中，金属的冷处理，可以提高工件的强度和使用寿命。柴油机油泵的喷嘴、纺织机的梭子，都需要在 $-40\sim-80^{\circ}\text{C}$ 的低温箱中进行冷处理。一些精密机床采用液压技术，油温的变化直接影响到油的粘度，关系到油膜刚度的稳定性。利用冷可以控制油温，稳定油膜刚度，使机床能正常地工作，还可以用于精密坐标镗床的油箱冷却。

在石油化工工业中，石油和天然气为橡胶、塑料、化学纤维、农药、化肥以及酸、碱等的生产上提供大量的原料，在这些产品的生产过程中都需要制冷技术。在制造航空汽油、柴油及低温润滑油时都需要作凝固点和浊点分析，以便通过分析曲线达到控制生产工艺流程的目的。又如从石油裂解气中分离出乙烯、丙烯等原料；从合成氨中分离成品氨；炼油厂中的润滑油脱脂、合成橡胶、合成塑料、合成纤维等化工流程中反应温度的控制，母液的结晶，液化蒸汽和其他气体，分离混合的液体和气体，盐类结晶，炸药，染料等化工产品制造中都需要制冷技术。近年我国石油化学工业飞速发展，天然气得到了大量的开发使用，这种天然气的液化贮藏也同制冷技术有着密切的联系。

在纺织印染工业中，纺织纤维需在恒温恒湿条件下进行检验，在印染工艺中调整某些药剂的温度以及人造纤维和合成纤维的生产都离不开冷的技术。

在制药工业中，制冷的用途也极广泛，如浓缩溶液、提取

或晶析某些盐类、各种抗菌素的制造、许多药物的恒温保存等。

在空气调节工程上，工具厂的检量室，纺织厂的纺纱织布，精密机床的装配和操作车间，精密仪器仪表、手表、电子元件生产车间及科研用的实验室等，都需要使室内的空气恒温（ 23°C 左右）和恒湿（相对湿度 $50\sim 70\%$ 左右）。大会堂、大楼、宾馆、医院、影剧院、酒楼饭店等建筑物，钢铁厂浇铸车间的行车驾驶室内，近代高级轿车、客车、救护车、轮船的客舱都安装空调机来降温。空调机还能用于控制室内空气的湿度。地下工程中的高湿度，可用制冷方法使空气中多余的水分冷凝后排出。在印刷、食品工业等的工艺过程中都需进行调湿，以保证产品质量。

在卫生保健方面，血清、牛痘疫苗和不少药品要在低温或恒温条件下保存。生物切片技术、治疗皮肤病、冷冻局部麻醉、冻结急性肠病、血球凝集等，也都用到冷。

在医疗器械中，医用冰箱、血库冰箱已广泛使用。近年我国研制成功的“冷刀”外科手术器械，用于医治多种疾病，已取得特殊的疗效。其刀头温度低达 -190°C 左右，就是采用液氮冷却的。

在现代国防工业上，制冷技术占有重要地位，飞机制造及雷达、无线电通讯等电子仪器都离不开制冷，液氧和液氢是火箭最好的推进剂，高空侦察机、喷气式战斗机及潜水艇都要液氧作燃料，液氧还可制成强力炸药。

科学研究发现，当金属铅温度低于 -265.89°C 时，其电阻近于零，这种现象叫超导。许多金属和合金在不同的低温下，都可变成超导体，超导体电缆的传输功率比同样截面的普通电缆大1000倍，而损耗却为普通电缆的千分之几。金属的超导需