

张启同编著

A technical line drawing of a refrigeration system, likely for a cold storage facility. It features three vertical refrigerant coils, each with a horizontal header at the top. To the left, there is a compressor or pump unit with a circular component and a vertical pipe. The entire system is depicted with clean, white lines on a textured, olive-green background.

冷库制冷技术

农业出版社

前 言

本书主要叙述冷库的制冷装置及其操作方法、冷库制冷装置的设计和安装施工，为了适应渔业冷库的需要，对水产品的冷冻加工和机冰生产也作了介绍。内容侧重实用，兼叙必要的基础理论，主要供我国渔业和其他食品冷库的广大制冷技术工人阅读，也可供从事冷库建设和生产管理人员工作参考。

本书的编写工作是在浙江省水产局和温州海洋渔业公司的直接领导下进行的。经过浙江省水产局审定，在编写过程中，又得到湖南省肉食水产公司刘治华、厦门水产学院徐世琼以及浙江省有关冷库等单位不少同志的帮助，提供了不少资料和意见，在此表示衷心的感谢。

由于作者业务水平所限，书中的缺点和不当之处，恳请读者批评指正。

编 者

一九七八年十月

目 录

前 言

第一章 制冷技术的基础知识	1
第一节 制冷基础知识	1
一、冷及制冷	1
二、常用名词及概念	2
第二节 热力学基础知识	13
一、热力学第一定律	14
二、热力学第二定律	14
三、熵与焓	15
第三节 传热学基础知识	19
一、传热基本方式	19
二、传热过程	27
三、平均温度差	32
第二章 制冷原理	36
第一节 单级压缩制冷循环	38
一、压缩式制冷系统原理	38
二、干压缩循环	41
三、湿压缩循环	47
四、实际制冷循环	47
第二节 双级压缩及复迭压缩制冷循环	49
一、双级压缩制冷循环	51
二、复迭压缩制冷循环	55
第三节 制冷剂及冷媒	57

一、制冷剂的功用及其分类	57
二、制冷剂的选择	60
三、常用制冷剂及其性能比较	62
四、冷媒	79
第三章 制冷机器与设备	89
第一节 制冷压缩机	89
一、活塞式制冷压缩机的工作原理	89
二、活塞式制冷压缩机的种类	97
三、冷库常用的制冷压缩机	99
四、活塞式制冷压缩机的基本构造	111
五、螺杆式制冷压缩机	124
第二节 冷凝器	137
一、立式冷凝器	138
二、卧式冷凝器	139
三、淋水式冷凝器	141
四、蒸发式冷凝器	145
五、螺旋板式冷凝器	148
六、冷却塔	148
第三节 蒸发器	153
一、卧式蒸发器	153
二、立式、螺旋管式和V型管式蒸发器	155
三、冷库排管	163
四、冷风机	168
第四节 制冷辅助设备	173
一、油氨分离器	173
二、再冷却器	177
三、贮液器	177
四、集油器	178
五、放空气器	180
六、中间冷却器	184
七、氨液分离器	186

八、循环贮液桶	186
九、氨泵	191
十、空气幕	196
十一、氨过滤器	197
十二、紧急泄氨器	199
第五节 氨阀及控制仪表	202
一、氨截止阀	202
二、氨止回阀	204
三、氨安全阀和自动旁通阀	206
四、氨节流阀	207
五、氨电磁阀	214
六、恒压阀	216
七、主阀	219
八、温度控制器	222
九、压力控制器	224
十、压差控制器	227
十一、液位控制器	229
十二、时间控制器	233
十三、温度计	235
十四、氨压力表	236
第四章 冷库的制冷设计与计算	239
第一节 制冷设计方案的选择	239
一、设计的依据	239
二、冷库平面的确定	242
三、制冷系统的选择	244
四、冷库的隔热结构	246
第二节 耗冷量计算	250
一、库房耗冷量计算	251
二、制冷压缩机负荷计算	258
三、冷库耗冷量估算	259
第三节 制冷压缩机和辅助设备的计算及选择	260

一、单级压缩机的计算与选择	260
二、双级压缩机的计算与选择	268
三、冷凝器的计算与选择	272
四、蒸发器的计算与选用	275
五、再冷却器的计算	276
六、贮液器的计算	277
七、排液桶的计算	277
八、油氨分离器的计算	277
九、中间冷却器的计算	279
十、氨液分离器的计算	281
十一、循环贮液桶的计算	282
十二、氨泵的选用	283
十三、氨节流阀的选用	283
第四节 制冷系统管道的计算与选用	284
一、常用管道规格	284
二、管径的选用	284
三、管道支架	286
第五节 制冷机器与设备的布置	286
一、机房设备的布置	286
二、库房设备的布置	290
第六节 制冷管道与设备的隔热	291
一、需要隔热的管道和设备	291
二、制冷管道与设备的隔热结构	291
第七节 制冷装置的自动化	295
一、制冷系统工艺参数的自动检测	295
二、冷库制冷装置的自动控制	296
三、制冷装置的自动保护	307
第五章 冷库制冷装置的安装施工	310
第一节 设备平面放样及基础浇灌	310
一、平面放样	310
二、设备基础浇灌	311

第二节 氨压缩机的安装	312
一、安装前的检查	312
二、压缩机安装就位	312
三、基础二次灌浆	314
四、重新校正压缩机	314
五、压缩机零件的清洗与检查	314
六、压缩机附件的安装	316
七、压缩机试车	317
第三节 其他制冷设备的安装	319
一、冷凝器及蒸发器的安装	319
二、压力容器的安装	321
三、氨泵、水泵和空气幕的安装	321
四、氨阀及控制仪表的安装	322
第四节 制冷管道的安装	323
一、管道的除锈	323
二、钢管的切断与连接	324
三、管道与设备的连接	329
四、弯管与套片	330
五、管道安装注意事项	334
第五节 制冷系统的试压、排污及真空	335
一、空气试压	335
二、空气排污	337
三、系统抽真空	337
四、氨气查漏	338
第六节 制冷管道和设备的油漆及隔热施工	338
一、管道和设备的油漆	338
二、管道和设备的隔热施工	340
第七节 冷库降温及试生产	341
一、加氨	341
二、冷库降温	343
三、冷库试生产	345
第八节 工程质量及施工安全	346

一、工程质量检查及工程验收	346
二、施工安全	347
第六章 制冷装置的操作与调整	349
第一节 氨压缩机的操作	349
一、单级压缩机的启动与停车	349
二、双级压缩机的启动与停车	351
三、压缩机的非正常停车	352
四、压缩机的加油	353
五、氨压缩机正常运转的标志	357
六、压缩机运转时的非正常现象	359
第二节 其他制冷设备的操作	361
一、冷凝器与蒸发器的操作	361
二、压力容器的操作	364
三、氨泵和水泵的操作	366
第三节 放空气操作	367
一、放空气的作用	367
二、空气的来源与征状	368
三、放空气方法	369
第四节 放油操作与回油处理	371
一、放油的作用	371
二、需要放油的设备及放油方法	372
三、冷冻机油的回用处理	375
第五节 除霜操作	379
一、除霜的作用	379
二、除霜方法	380
第六节 漏氨检查及其处理	382
一、漏氨的危害	382
二、漏氨检查	382
三、漏氨的防止	383
第七节 制冷系统的调整	384
一、主要参数的控制	384

二、制冷装置的调整要点	390
三、制冷装置不正常现象及排除方法	392
第八节 制冷装置的安全技术	397
一、安全技术的必要性	397
二、安全装置和设施	398
三、安全操作和制度	401
四、防氨设施及事故抢救	403
五、防火安全	404
第七章 水产品的冷冻加工	406
第一节 食品低温贮藏的基本原理	406
一、食品腐败的原因	406
二、低温贮藏食品的原理	409
第二节 鱼类食品的特性	410
一、鱼类的营养成分	410
二、鱼的物理性质	413
三、鱼体的死后变化	417
四、鲜鱼的质量标准	419
第三节 鱼的冷冻和冷藏	420
一、鱼的冷却	420
二、鱼的冻结	423
三、鱼的冷藏	438
第八章 制冰生产及其设备	443
第一节 冰的性质和种类	443
一、冰的物理性质	443
二、人造冰的种类	444
第二节 块冰生产及其设备	445
一、制冰设备	445
二、制冰操作	449
三、制冰生产的管理	451
第三节 制冰的设计与计算	452
一、制冷计算	452

二、制冰设备设计	454
三、冰池盐水的配制	458
第四节 快速制冰设备	460
一、块冰机	461
二、管冰机	463
三、其他制冰机	464
第五节 冰的贮藏与输送	465
一、冰的贮藏	465
二、块冰的输送与轧碎	466
三、碎冰的输送	469
附录：氨压—焓 ($\log P-i$) 图	

第一章 制冷技术的基础知识

第一节 制冷基础知识

一、冷及制冷 日常生活中,冷和热是两种不同的感觉,两个完全对立的概念。但是用物理学概念来解释,物质的冷和热,只是热的程度不同,没有质的区别。

各种物质都由分子组成,每个分子都在不断地运动,分子运动产生了热。不同的物质,分子运动状态是不同的,有些物质的分子运动比较剧烈,有些物质的分子运动比较缓慢;即使相同的物质,由于受外界条件的影响,分子运动的程度也不一样。凡是分子运动速度快,物质的温度比较高,就称为热;分子运动比较缓慢,物质的温度比较低,就称为冷。冷和热是相对的,它们是以温度的高低来衡量的。

随着外界条件的变化,冷的物质可以变热,热的物质也可以变冷。例如,将水加热,冷水会变成热水,甚至成为水蒸汽;反之,冬季气温下降,地面上水的温度也随着下降,成为冷水,甚至冻结成冰。

自然界每年有季节变化,夏、秋季气温高,地面各种物体的温度随着升高,冬季气温低,地面各种物体的温度也随着降低。这种由于气候的变化,使物质变冷的过程称为天然

制冷。随着生产的发展，人类对冷的需要越来越多，天然制冷不仅受气候限制，不能随意利用，而且冷的程度有限，不能适应生产发展的需要。因而，在科学技术发展的基础上，采用了机器来制冷，称为机械制冷或人工制冷，简称制冷。

制冷，就是以人为的方法来减少某物质的热量，降低该物质的温度，制造出一定的低温。制冷的任务是将冷却的物体中的热量转移给周围的介质（水或空气），或设法把该物体的温度，降低到低于周围介质的温度，和在所需的一定时间内保持一定的低温。

二、常用名词及概念

1. 温度 温度用来表示物质冷与热的程度。衡量温度的标准有摄氏温度、华氏温度和绝对温度三种。我国日常生活和工程技术上大都采用摄氏温度或绝对温度。

（1）摄氏温度 在标准大气压下，把水的结冰温度作为 0 度，沸腾温度作为 100 度，在 0 度与 100 度之间，平均等分成 100 份，每一份作为 1 度，这个温度标准称为摄氏温度，以符号 $^{\circ}\text{C}$ 表示。

（2）华氏温度 在标准大气压下，把水的结冰温度作为 32 度，沸腾温度作为 212 度，在 32 度与 212 度之间，平均等分为 180 份，每一份作为 1 度，这个温度标准称为华氏温度，以符号 $^{\circ}\text{F}$ 表示。

（3）绝对温度 把水的结冰点作为 273 度，水的沸点作为 373 度，把物质中的分子全部停止运动之点作为 0 度的温度标准，称为绝对温度，以符号 K 表示。

摄氏温度、华氏温度和绝对温度可以相互换算。摄氏温

度换算成华氏温度时可按下式计算：

$$F = 1.8C + 32$$

华氏温度换算成摄氏温度时，可按下式计算：

$$C = \frac{F - 32}{1.8}$$

绝对温度与摄氏温度有如下关系：

$$K = -273.16^{\circ}\text{C} \text{ 或 } 0^{\circ}\text{C} = 273.16\text{K}$$

$$T = t + 273.16$$

式中：T——绝对温度（K）

t——摄氏温度（ $^{\circ}\text{C}$ ）

2. 热量 分子运动所具有的热能量称为热量。计算热量的单位，公制用卡或千卡（也称大卡），英制用英热单位。

（1）卡 在标准大气压下，将一克的水加热或冷却，温度升高或降低 1°C ，所吸收或放出的热量称为一卡，用符号 cal 表示。

（2）千卡 在标准大气压下，一公斤的水，温度升高或降低 1°C ，所吸收或放出的热量称为一千卡或一大卡，用符号 kcal 表示。

（3）英热单位 将一磅的水加热或冷却，温度升高或降低 1°F ，所吸收或放出的热量称为一英热单位，用符号 BTU 表示。

卡、千卡和英热单位的换算：

$$1 \text{ 千卡} = 1000 \text{ 卡} = 3.969 \text{ 英热单位}$$

$$1 \text{ 英热单位} = 252 \text{ 卡} = 0.252 \text{ 千卡}$$

（4）比热 单位重量的物质，温度升高或降低 1°C 所

吸收或放出的热量称为比热，以符号 C表示。其常用单位为千卡/公斤℃或卡/克℃。

水的比热等于 1，各种食品的比热随食品中水分含量的多少和温度不同而不同。当食品的温度变化范围不大，比热可作常数。但如果食品的温度变化引起食品中水分冻结或冰的融化时，由于冰的比热仅为水的一半，此时，虽然温度变化不大，食品的比热也会有较大变化，故冻结食品的比热比常温下食品的比热要小得多。几种食品的比热如表 1—1 所示。

表 1—1 几种食品的比热

名 称	比热 (千卡/公斤℃)		名 称	比热 (千卡/公斤℃)	
	冻结点以上	冻结点以下		冻结点以上	冻结点以下
少 脂 鱼	0.80	0.32	水 果	0.8—0.9	0.5
多 脂 鱼	0.68	0.44	蔬 菜	0.8—0.9	0.4—0.5
精 肉	0.76	0.42	水	1	—
肥 肉	0.52	0.36	冰	—	0.5
鸡 蛋	0.76	0.40	冰 淇 淋	0.78	0.45

(5) 制冷量 用人工的方法来减少某物质的热量时，单位时间内所能摄取的热量称为制冷量，常用单位为千卡/时。

在国外，也有采用冷冻吨作为制冷量单位，冷冻吨是 24 小时内将一吨 0℃ 的水变成 0℃ 的冰需要摄取的热量。由于冰的融解潜热为 79.68 千卡/公斤，故

$$1 \text{ 冷冻吨}^* = \frac{79.68 \times 1000}{24} = 3320 (\text{千卡/时})$$

3. 压力 无论是气体或液体，由于分子的运动，气体或液体分子对容器或管道壁会造成碰撞，对容器或管道壁产生力的作用，称为压力。流体作用在容器壁或管壁单位面积上的压力称为压强，以符号P表示。在工程中，习惯上把压强称为压力。我们四周的空气也有压力，由地面上几百公里高的空气层的重量所形成，称为大气压力，大气的压力随地理区域、高度以及气候条件等不同而有所变化。压力的常用单位有公斤/厘米²、标准大气压、毫米水银柱、米水柱、磅/英寸²等。

(1) 标准大气压 又称物理大气压，是指在纬度45°的海面上，大气的常年平均压力。其值为1.033公斤/厘米²。

(2) 工程大气压 为计算方便，把大气压力作为1公斤/厘米²来计算，称为一个工程大气压。

(3) 绝对压力和表压力 气体的压力有绝对压力和表压力两种。绝对压力是气体的真实压力。表压力是指压力表上的读数，是绝对压力与大气压力之差。当压力表上的读数为正值时，其绝对压力为表压力加上大气压力，当压力表上的读数为负值（即真空）时，其绝对压力为大气压力减去压力表上的读数。在工程上一般常采用表压力，但在计算中，

* 冷冻吨有日本冷冻吨和美国冷冻吨之分，上式的冷冻吨即为日本冷冻吨，因为一美吨等于2,000磅，比公吨小，因而美国冷冻吨比日本冷冻吨小，一美国冷冻吨约等于3024千卡/时。

需采用绝对压力。

各种压力单位的相互换算如表 1—2 所示。

表 1—2 压力单位换算表

公斤/厘米 ²	标准大气压	毫米水银柱	米 水 柱	磅/英寸 ²
1	0.9678	735.56	10	14.223
1.033	1	760	10.3333	14.696
0.00136	0.00131	1	0.0136	0.0193
0.1	0.0968	73.556	1	1.4223
0.0703	0.0680	51.715	0.703	1

(4) 功和功率 物体受力的作用而运动，其作用的力和物体在力方向上移动的距离的乘积称为功，常用单位为公斤米。1 公斤米是 1 公斤的力，在力的作用线上，使物体移动 1 米距离时所做的功。单位时间内所作的功称为功率，常用单位为公斤米/秒、千瓦和马力。

1 千瓦 = 1.36 马力 = 102 公斤米/秒

1 马力 = 0.736 千瓦 = 75 公斤米/秒

4. 容积 物质所占的体积大小称为容积，常用单位为立方米、升等。

比容 单位重量的物质所占据的容积称为比容，也称容重，以符号V表示。常用单位为米³/公斤。

5. 重量 各种物体所具有的物质数量称为质量，由于地心吸力，一定质量的物质都有一定的重量，常用的重量单位为公斤（千克）、克和磅等。

$$1 \text{ 公斤} = 1,000 \text{ 克} = 2.2046 \text{ 磅}$$

$$1 \text{ 磅} = 453 \text{ 克} = 0.4536 \text{ 公斤}$$

比重 单位容积的物质所具有的重量称为比重，也称重度，以符号 γ 表示。常用的比重单位为公斤/米³。比重和比容互为倒数。

6. 物态变化 物质有三种形态：固体、液体和气体。

(1) **固体** 一定体积和形状的物质。在不太大的外力作用下其体积和形状的改变很小。

(2) **液体** 有一定的体积而形状随容器改变的物质。

(3) **气体** 由大量分子组成的、能自发充满任何容器的物质。气体分子之间的距离较大，作用力很小，都在作无规则的热运动，所以气体容易压缩，没有一定的形状。

在外界条件的影响下，物质的三种形态可以互相转变。例如，在常压常温下，水是一种液体，当温度降低到 0℃ 以下，就会冻结成冰，成为固体。反之，水加热到 100℃ 以上，就会变成水蒸汽，成为气体。温度和压力是影响物态变化的主要因素。

(4) **压缩** 使气体物质比容减小，比重增大，压力升高的过程称为压缩。气体压缩时，需要对气体做功。

(5) **绝热压缩** 气体压缩过程中，与外界不发生热交换，称为绝热压缩。

(6) **膨胀** 使气体物质比容增大，比重减小，压力降低的过程称为膨胀。

(7) **节流膨胀** 流体流动中，断面突然缩小，使流量受到限制，而后断面增大，造成流体压力下降，比容增大的