

冷库及冷藏技术

■ 余华明 编著



冷库及冷藏技术

余华明 编著

人民邮电出版社

北 京

图书在版编目 (CIP) 数据

冷库及冷藏技术 / 余华明编著. —北京: 人民邮电出版社, 2007.6

ISBN 978-7-115-15903-8

I. 冷... II. 余... III. 冷藏库—制冷技术 IV. TB657.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 031565 号

内 容 提 要

本书是为培养冷藏行业越来越庞大的从业人员队伍而编写的, 内容包括冷库基础知识, 冷库制冷原理与系统组成, 冷库制冷系统的设计, 冷库制冷系统的安装、调试和运行维护, 食品的冷加工技术, 食品的冷藏运输和冷藏链, 商业制冰技术和设备, 冷库库房管理等。本书较全面地介绍了冷藏行业各个环节的技术内容, 并以“必需、够用”为尺度进行了技术内容的简化和整理, 实用性强, 对从业人员实际工作有较强的指导意义。

本书可供冷藏行业的技术人员阅读使用, 也可供大专院校, 尤其是高职高专类院校相关专业的师生使用。

冷库及冷藏技术

-
- ◆ 编 著 余华明
责任编辑 申 苹
 - ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号
邮编 100061 电子函件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
北京密云春雷印刷厂印刷
新华书店总店北京发行所经销
 - ◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 22.75
字数: 568 千字 2007 年 6 月第 1 版
印数: 1—5 000 册 2007 年 6 月北京第 1 次印刷

ISBN 978-7-115-15903-8/TN

定价: 38.00 元

读者服务热线: (010)67129264 印装质量热线: (010)67129223

前 言

冷藏链以生产性冷库为起点，以冷藏运输设备为连接，直到零售性的冷库、冷柜。随着国内外市场环境、经济环境的改变和技术设备的进步，冷藏链正逐渐成为人们生活不可或缺的一个产业链条。这个链条质量的好坏，对人们生活质量的提高起着关键的作用。因此，以制冷技术和食品冷冻冷藏技术为核心的冷藏链技术将拥有越来越大的应用空间 and 市场需求，冷藏链各个环节的从业人员也会越来越多。一本好书，一本不但可以从原理上解释问题，又可以从实践上给以指导的图书，成为每一个从业人员的必需。目前市面上关于冷库和冷藏技术的图书也不少：有些是大部头的手册类书，这类书内容完整，罗列万千，但携带不便、价格昂贵；有些是某一具体技术的介绍类书，这类书具有一定的技术针对性，但内容受局限。总体来讲，市面上综合又不繁杂、既有原理介绍又有实践指导、既有传统工艺又有最新资讯的书比较难寻，而这类书正是冷库行业的从业人员最为需要的。本书的出版，希望能较好地解决这个问题。

本书从制冷原理出发，详细地介绍了冷库制冷系统的构成，并在此基础上介绍了冷库制冷系统的设计、运行管理和维护保养，其中冷库工程实例的介绍，可以帮助读者更好地理解和应用所介绍的内容。另外，本书还对食品、果蔬的冷冻冷藏技术和冷藏链进行了详细的介绍。值得一提的是，在本书的各个章节中还穿插介绍了相应的最新技术和最新资讯。总而言之，本书以“必需、够用”为标准，较全面地介绍了冷藏行业食品加工、冷库操作管理、食品冷藏运输和食品销售各个环节的技术内容。

本书在编写过程中得到了广东佛山市长城冷气贸易公司和南海冷冻厂的大力支持，在此一并表示感谢。由于本书是对相关知识在“必需、够用”尺度上的整理，因此疏漏和不足之处在所难免，欢迎广大读者批评指正。

笔 者

目 录

第 1 章 冷库基础知识	1
1.1 冷库的分类和组成	1
1.1.1 冷库的分类	1
1.1.2 冷库的组成	2
1.2 冷库的建筑结构	4
1.2.1 冷库建筑结构的特点	4
1.2.2 土建式冷库的建筑结构和特点	5
1.2.3 装配式冷库的建筑结构和特点	9
1.3 国内外冷库和冷冻冷藏技术的现状和发展趋势	11
1.3.1 国内外冷库技术的现状	11
1.3.2 冷冻食品加工行业的发展趋势	14
1.3.3 冷库和冷冻冷藏新技术	15
第 2 章 冷库制冷原理与系统组成	18
2.1 冷库制冷原理	18
2.1.1 制冷的概念	18
2.1.2 制冷的理论基础	18
2.1.3 常规制冷方法	20
2.2 冷库蒸汽压缩式制冷原理	22
2.2.1 单级蒸汽压缩式制冷	22
2.2.2 双级压缩及复叠式制冷	23
2.3 冷库制冷系统组成	26
2.3.1 制冷剂、载冷剂和润滑油	26
2.3.2 压缩机	39
2.3.3 冷凝器	46
2.3.4 蒸发器	54
2.3.5 节流装置	59
2.3.6 其他辅助设备	64
2.4 冷库自动控制系统	74
2.4.1 自动控制系统的组成	74
2.4.2 典型的制冷装置自动调节系统	88
第 3 章 冷库制冷系统的设计	93
3.1 冷库建筑的平面设计	93
3.2 冷库围护结构的隔热防潮设计	95

3.2.1	围护结构的隔热计算	95
3.2.2	围护结构热惰性指标 D 的计算	96
3.2.3	隔热材料厚度的计算	96
3.2.4	隔气防潮计算	99
3.3	冷库冷负荷计算	101
3.3.1	库房容积计算	101
3.3.2	库内外计算温度的确定	103
3.3.3	库房耗冷量计算	104
3.3.4	冷却设备负荷和机械负荷的确定	109
3.4	制冷设备的选型计算	110
3.4.1	制冷压缩机的选型计算	110
3.4.2	冷凝器的选型计算	119
3.4.3	蒸发器的选型计算	124
3.4.4	膨胀阀的选型计算	126
3.4.5	其他制冷设备的选型计算	127
3.5	制冷系统设计和布置的一般原则	132
3.6	氨制冷系统设计	136
3.6.1	低压系统	136
3.6.2	高压系统	144
3.6.3	系统融霜	150
3.6.4	制冷管道设计	151
3.7	氟利昂制冷系统设计	156
3.7.1	氟利昂制冷系统的特点	156
3.7.2	氟利昂制冷系统的形式	158
3.7.3	氟利昂制冷系统融霜方案设计	160
3.7.4	氟利昂制冷系统管道设计	161
3.8	冷库工程实例	174
3.8.1	100t 氟利昂土建式冷库实例	174
3.8.2	小型氟利昂装配式冷库实例	178
3.8.3	800t 气调保鲜冷库工程实例	184

第 4 章 冷库制冷系统的安装、调试和运行维护 186

4.1	制冷设备的安装	186
4.1.1	制冷系统的特点和特殊性	186
4.1.2	安装前的准备工作	187
4.1.3	安装的一般原则	187
4.1.4	制冷压缩机及辅助设备的安装	188
4.1.5	制冷管道安装	189
4.2	制冷系统的吹污和气密性试验	194
4.2.1	吹污	194

4.2.2	气密性试验	194
4.3	制冷剂的充注和取出	199
4.3.1	制冷剂的充注	199
4.3.2	制冷剂的取出	201
4.4	制冷装置的试运转	204
4.4.1	压缩机启动前的准备和检查工作	204
4.4.2	制冷装置的试运转	204
4.4.3	制冷装置的调试	205
4.5	活塞式制冷压缩机的操作	207
4.5.1	单级氨压缩机操作	208
4.5.2	双级压缩机组操作	208
4.5.3	单机双级压缩机操作	209
4.5.4	氟利昂制冷压缩机操作	209
4.5.5	制冷装置的停车	210
4.6	制冷系统放油、放空气操作	211
4.6.1	润滑油的添加	211
4.6.2	润滑油的排放	212
4.6.3	放空气操作	214
4.7	螺杆式制冷压缩机的操作	216
4.7.1	螺杆式制冷压缩机开机前的准备	216
4.7.2	螺杆式制冷压缩机开机操作	216
4.7.3	螺杆式制冷压缩机正常运行标志	216
4.7.4	螺杆式制冷压缩机停机操作	217
4.8	制冷系统与设备的操作调整	217
4.8.1	制冷系统的调整	217
4.8.2	制冷设备的操作	218
4.9	制冷装置故障的分析和处理	219
4.9.1	制冷系统正常运行的标志和故障检查方法	219
4.9.2	制冷系统常见故障分析和排除方法	221
第 5 章	食品的冷加工技术	226
5.1	食品冷冻保鲜技术	226
5.1.1	食品冷冻保鲜的原理	226
5.1.2	食品冷冻工艺	227
5.1.3	食品在冷加工过程中的变化	227
5.1.4	食品的冷却方法和设备	233
5.1.5	食品的冻结方法和装置	241
5.1.6	冻结食品的解冻	251
5.2	气调冷藏保鲜技术	256
5.2.1	气调冷藏保鲜的基本原理	256

5.2.2	气调冷藏保鲜方法	257
5.2.3	气调设备	261
5.2.4	CA 气调冷藏库	266
5.3	冷冻干燥保鲜技术	271
5.3.1	冻干食品生产的基本原理	271
5.3.2	冻干食品的特点	272
5.3.3	食品真空冷冻干燥工艺	272
5.3.4	食品的真空冷冻干燥设备	274
第 6 章	食品的冷藏运输和冷藏链	277
6.1	我国食品冷藏链概况	278
6.2	商业冷冻陈列销售柜	279
6.2.1	对商业冷冻陈列销售柜的要求	279
6.2.2	商业冷冻陈列销售柜的种类	279
6.2.3	各种商业冷冻陈列销售柜的结构和特征	279
6.2.4	商业冷冻陈列销售柜的制冷方式	281
6.3	冷冻运输设备	283
6.3.1	冷藏汽车	284
6.3.2	冷藏火车	287
6.3.3	冷藏船	288
6.3.4	冷藏集装箱	289
6.3.5	利用冷冻运输设备的注意事项	291
第 7 章	商业制冰技术和设备	292
7.1	制冰技术基础	292
7.1.1	冰的分类	292
7.1.2	制冰的理论基础	292
7.2	盐水制冰	294
7.2.1	制冰及制冷工艺	294
7.2.2	盐水制冰的方案确定	295
7.2.3	盐水制冰主要设备	299
7.3	快速制冰及其设备	300
7.3.1	桶式快速制冰	301
7.3.2	沉箱管组式快速制冰	302
7.3.3	管冰机和壳冰机	304
7.3.4	片冰机	306
7.4	冷饮食品设备	307
7.4.1	冰淇淋机	307
7.4.2	冷饮水机	307
7.4.3	棒冰机和雪糕机	308

第 8 章 冷库库房管理	309
8.1 库房操作管理	309
8.2 库房卫生管理	311
8.2.1 冷库的卫生和消毒	311
8.2.2 食品冷加工过程中的卫生管理	313
8.3 冷库节能	314
8.3.1 采用新工艺、新技术、新设备的设计方案	315
8.3.2 及时进行冷藏食品的结构改革	316
8.3.3 加强科学管理	316
8.4 制冷系统安全运行管理	322
8.4.1 安全装置	322
8.4.2 安全操作	327
8.4.3 制冷剂钢瓶的使用和管理	329
8.4.4 人身安全及救护	331
附 录	334
附录 A 制冷剂热力学性能图表	334
附录 B 冷库常用材料热物理系数	351
参考文献	354

第 1 章 冷库基础知识

1.1 冷库的分类和组成

1.1.1 冷库的分类

(1) 按结构形式分类

土建式冷库：这类冷库的主体结构（库房的支撑柱、梁、楼板、屋顶）和地下荷重结构都用钢筋混凝土，其围护结构的墙体都采用砖砌而成，老式冷库中其隔热材料以稻壳、软木等土木结构为主。

装配式冷库：这类冷库的主体结构（柱、梁、屋顶）都采用轻钢结构，其围护结构的墙体使用预制的复合隔热板组装而成。隔热材料采用硬质聚氨酯泡沫塑料和硬质聚苯乙烯泡沫塑料等。

天然洞体冷库：主要存在于西北地区，以天然洞体为库房，以岩石、黄土等作为天然隔热材料，因此具有因地制宜、就地取材、施工简单、造价低廉、坚固耐用等优点。

(2) 按使用性质分类

生产性冷库：它们主要建在食品产地附近、货源较集中的地区和渔业基地，通常是作为鱼类加工厂、肉类联合加工厂、禽蛋加工厂、乳品加工厂、蔬菜加工厂、各类食品加工厂等的一个重要组成部分。这类冷库配有相应的屠宰车间、理鱼间、整理间，具备较大的冷却、冻结能力和一定的冷藏容量，食品在此进行冷加工后经过短期储存即运往销售地区，直接出口或运至分配性冷藏库作较长期的储藏。

分配性冷库：它们主要建在大中城市、人口较多的工矿区和水陆交通枢纽一带，专门储藏经过冷加工的食品，以供调节淡旺季节、保证市场供应、提供外贸出口和作长期储备之用。它的特点是冷藏容量大并考虑多品种食品的储藏，其冻结能力较小，仅用于长距离调入冻结食品在运输过程中软化部分的再冻及当地小批量生鲜食品的冻结。

零售性冷库：这类冷库一般建在工矿企业或城市的大型副食品店、菜场内，供临时储存零售食品之用。其特点是库容量小、储存期短，其库温则随使用要求不同而异。在库体结构上，大多采用装配式组合冷库。随着人们生活水平的提高，其占有量将愈来愈大。

(3) 按规模大小分类

大型冷库：此类冷库冷藏容量在 10000t 以上，生产性冷库的冻结能力为 120~160t/d，分配性冷库的冻结能力为 40~80t/d。

中型冷库：此类冷库冷藏容量为 1000~10000t，生产性冷库的冻结能力为 40~120t/d，

分配性冷库的冻结能力为 20~60t/d。

小型冷库：此类冷库冷藏容量在 1000t 以下，生产性冷库的冻结能力为 20~40t/d，分配性冷库的冻结能力在 20t/d 以下。

(4) 按冷库制冷设备选用制冷剂分类

氨冷库：此类冷库制冷系统使用氨作为制冷剂。

氟利昂冷库：此类冷库制冷系统使用氟利昂作为制冷剂。

(5) 按使用库温要求分类

冷却库：又称高温库，库温一般控制在不低于食品汁液的冻结温度，用于果蔬之类食品的储藏。冷却库或冷却间的保持温度通常在 0℃左右，并以冷风机进行吹风冷却。

冻结库：又称低温冷库，库温一般在-20~-30℃，通过冷风机或专用冻结装置来实现对肉类食品的冻结。

冷藏库：即冷却或冻结后食品的储藏库。它把不同温度的冷却食品和冻结食品在不同温度的冷藏间和冻结间内作短期或长期的储存。通常冷却食品的冷藏间保持库温为 4~-2℃，主要用于储存果蔬和乳蛋等食品；冻结食品的冷藏间的保持库温为-18~-25℃，用于储存肉、鱼等。

1.1.2 冷库的组成

冷库，特别是大中型冷库是一个建筑群，主要由建筑主体（主库）、其他生产设施和附属建筑组成，现概述如下。

一、主库

主库主要由下列单元组成。

(1) 冷却间。冷却间是用来对食品进行冷却加工的库房。水果、蔬菜在进行冷藏前，为除去田间热，防止某些生理病害，应及时逐步降温冷却。鲜蛋在冷藏前也应进行冷却，以免骤然遇冷时，内容物收缩，蛋内压力降低，空气中微生物随空气从蛋壳气孔进入蛋内而使鲜蛋变坏。此外，牲畜屠宰后也可加工为冷却肉（中心温度 0~4℃）作短期储藏，肉味较冻肉鲜美。对于采用二次冻结工艺来说，也需将屠宰处理后的家畜胴体送入冷却间冷却，使食品温度由 35℃降至 4℃，再进行冻结。冷却间的室温为 0~-2℃，达到冷却要求温度的食品称为“冷却物”，可转入冷却物冷藏间。当果蔬、鲜蛋的一次进货量小于冷藏间容量的 5%时，也可不经冷却直接进入冷藏间。

(2) 冻结间。对于需长期储藏的食品，需要将其由常温或冷却状态迅速降至-15~-18℃的冻结状态，达到冻结终温的食品称为“冻结物”。冻结间是借助冷风机或专用冻结装置用以冻结食品的冷间，它的室温为-23~-30℃（国外有采用-40℃或更低温度的）。冻结间也可移出主库而单独建造。

(3) 再冻间。它设于分配性冷库中，供外地调入冻结食品中品温超过-8℃的部分在入库前再冻之用。再冻间冷分配设备的选用与冻结间相同。

(4) 冷却物冷藏间。这种冷藏间又称高温冷藏间，室温为 4~-2℃，相对湿度 85%~95%，因储藏食品的不同而异。它主要用于储藏经过冷却的鲜蛋、果蔬；由于果蔬在储藏中仍有呼吸作用，库内除需保持合适的温湿度条件外，还要引进适量的新鲜空气。如储藏冷却肉，储

藏时间不宜超过 15 天。

(5) 冻结物冷藏间。又称低温冷藏间，室温在 $-18\sim-25^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度 95%~98%，用于较长期的储藏冻结食品。在国外有的冻结物冷藏间温度有降至 $-28\sim-30^{\circ}\text{C}$ 的趋势，日本对冻金枪鱼还采用了 $-45\sim-50^{\circ}\text{C}$ 所谓超低温的冷藏间。

(6) 气调保鲜间。气调保鲜主要是针对果蔬的储藏而言。果蔬采收后，仍然保持着旺盛的生命活动能力，呼吸作用就是这种生命活动最明显的表现。在一定范围内，温度越高，果蔬呼吸作用越强，衰老越快。所以多年来生产上一直采用降温的办法来延长果蔬的储藏期。目前国内外正在发展控制气体成分的储藏，简称“CA”储藏，即在果蔬储藏环境中适当降低氧的含量和提高二氧化碳的浓度，来抑制果实的呼吸强度，延缓成熟，达到延长储藏的目的。一般情况下，气体成分控制如下：氧气为 2%~5%；二氧化碳为 0~4%。

(7) 制冰间。它的位置宜靠近设备间，水产冷库常把它设于多层冷库的顶层，以便于冰块的输出。制冰间宜有较好的采光和通风条件，要考虑到冰块入库或输出的方便，室内高度要考虑到提冰设备运行的方便，并要求排水畅通，以免室内积水和过分潮湿。

(8) 穿堂。穿堂是食品进出的通道，并起到沟通各冷间、便于装卸周转的作用。库内穿堂有低温穿堂和中温穿堂两种，分属高、低温库房使用。目前冷库中较多采用库外常温穿堂，将穿堂布置在常温环境中，通风条件好，改善了工人的操作条件，也能延长穿堂使用年限。常温穿堂的建筑结构一般与库房结构分开。

(9) 其他。如电梯间、挑选间、包装间、分发间、副产品冷藏间、次品冷藏间、楼梯间等。

二、制冷压缩机房及设备间

(1) 制冷压缩机房。它是冷库主要的动力车间，安装有制冷压缩机、中间冷却器、调节站、仪表屏及配用设备等。目前国内大多将制冷压缩机房设置在主库附近，且单独建造，一般采用单层建筑。国外的大型冷库常把制冷压缩机房布置在楼层内，以提高底层利用率。对于单层冷库，也有在每个库房外分设制冷机组，采用分散供液的方法，而不设置集中供冷的制冷压缩机房。

(2) 设备间。它安装有壳管卧式冷凝器、储氨器、气液分离器、循环储液桶、氨泵等制冷设备，其位置紧靠制冷压缩机房。在小型冷库中，因机器设备不多，制冷压缩机房与设备间可合为一间，水泵房也包括在设备间内。

(3) 变、配电间。它包括变压器间、高压配电间、低压配电间（大型冷库还设有电容器间）。变、配电间应尽量靠近负荷大的机房间，当机房间为单层建筑时，一般多设在机房间的一端。变压器间也可单独建筑，高度不得小于 5m，要求通风条件良好。在小型冷库中，也可将变压器放在室外架空搁置。变、配电间内的具体布置视电器工艺要求而定。

三、生产厂房

(1) 屠宰车间。它的任务是宰杀生猪，并加工成白条肉，建设规模按班宰能力分为四级，是根据建库地区正常资源和产销情况来确定的。根据冷库加工对象的不同，还可设清真车间（或大牲畜车间）、宰鸡、宰兔车间。

(2) 理鱼间或整理间。理鱼间是供水产品冻结前进行清洗、分类、分级、处理、装盘、

过磅、包装等工序的场所，一般按每吨冻鱼配 $10\sim 15\text{m}^2$ 操作面积计算，处理虾、贝类则根据具体操作方式适当扩大。果蔬、鲜蛋在冷加工前先在整理间进行挑选、分级、整理、过磅、包装，以保证产品的质量。理鱼间或整理间都要求有良好的采光和通风条件，地面要便于冲洗和排水。

(3) 加工车间。商业冷库常设有食用油加工间、腌腊肉加工间、熟食加工间、副产品加工间、肠衣加工间、制药车间等。水产冷库常设有腌制车间、鱼粉车间等。

(4) 其他。如化验室、冷却水塔、水塔、水泵房、一般仓库、汽车库、污水处理场、铁路专用线、修理间等。

四、办公、生活用房

办公、生活用房包括有办公楼、医务室、职工宿舍、俱乐部、托儿所、卫生间、浴室、食堂等。

五、其他

危险品仓库是单独建筑的专储汽油、酒精、丙酮、制冷剂等易燃易爆物品的库房，它应距离其他建筑 20m 以外建造，另外还应设有传达室、围墙、出入口、绿化设施等。

1.2 冷库的建筑物结构

冷库是食品冷却、冻结、冷藏的场所，它必须为食品提供必要的库内温度、湿度条件，并符合规定的食品卫生标准。冷库的合理结构、良好的防潮隔热性能和地坪强度，是其长久使用的重要条件。

1.2.1 冷库建筑物结构的特点

冷库建筑不同于一般的工业与民用建筑，由于其特殊的低温储藏用途，冷库建筑不但要解决冷冻食品生产、包装等生产工艺所带来的问题（特别是建筑为保证库内的低温环境，必须要解决围护结构隔热、防潮问题），对于某些特殊冷库，如气调冷库更要解决气密性问题。另外，冷库所处的环境温度、湿度都是变化的，而库内环境却要求恒定，所以冷库库体始终存在冷热交替变化的问题，这在建筑设计与建造时也是需要解决的问题。总之，冷库建筑不同于普通建筑，需要特别设计、规划和建造。

冷库建筑物结构的基本特点：

(1) 冷库既是仓库又是工厂。冷库是仓库，因此，要求货物运输方便、快捷；冷库又是工厂，且以低温生产为主，所以，冷库的建筑物结构体必须能满足低温生产工艺的要求。

(2) 隔热和防冷桥。冷库隔热对维持库内温度的稳定，降低冷库热负荷，节约能耗及保证食品冷藏储存质量有着重要作用，故冷库墙体、地板、屋盖及楼板均应作隔热处理。冷库的隔热结构除应具有良好的防潮隔热性能外，还应有一定的强度，其楼板和地坪应有较大的承载能力。隔热层内应避免产生“冷桥”，且要具有持久的隔热效能。冷库隔热层内壁设有保护层，以防装卸作业时损坏。

(3) 防潮隔气。冷库由于内外空气温差较大，必然形成与温度差相应的水蒸气分压力差，进而形成水蒸气从分压力较高的高温侧通过围护结构向分压力较低的冷库内渗透。当水蒸气经过围护结构内部后到达低于空气露点温度的某温区时，水蒸气即凝结为水或结冰，造成隔热结构的破坏，隔热性能下降，因此在冷库结构两侧，当设计使用温差等于或大于 5°C 时，应采取防潮隔气措施，或者在温度较高的一侧设置防潮隔气层。

(4) 门、窗、洞。为了减少库内外温度和湿度变化的影响，冷库库房一般不开窗。孔洞尽量少开，工艺、水、电等设备管道尽量集中使用孔洞。库门是库房货物进出的必要通道，但也是库内外空气热湿交换量最显著的地方，由于热湿交换，门的周围会产生凝结水及冰霜，经过多次冻融交替作用，将使门附近的建筑结构材料受破坏。所以，在满足正常使用的情况下，门的数量也应尽量少。同时，在门的周围应采取措施，如加设空气幕、电热丝等。

(5) 减少热辐射。为减少太阳辐射热的影响，冷库表面的颜色要浅，表面应光滑平整，尽量避免大面积日晒。层顶可采取措施，如架设通风层来减少太阳辐射热直接通过屋面传入库内影响库温的现象。

(6) 地坪防冻胀。土建冷库建筑在地面上，由于地基深处与地表的温度梯度而形成热流，将造成地下水蒸气向冷库基础渗透。当冷库地坪温度降到 0°C 以下时，则会导致地坪冻胀，毁坏冷库地坪。

1.2.2 土建式冷库的建筑结构和特点

一、土建式冷库的建筑结构

土建式冷库主要由围护结构和承重结构组成。围护结构除承受外界风雨侵袭外，还要起到隔热、防潮作用。承重结构则主要用于支承冷库的自重及承受货物和装卸设备的质量，并把所有承重传给地基。

土建式冷库的基本结构如图 1-1 所示。

土建式冷库的结构应有较大的强度和刚度，并能承受一定的温度应力，在使用中不产生裂缝和变形；冷库的隔热层除具有良好的隔热性能并不产生“冷桥”外，还应起到隔气防潮作用；库的地坪通常应作防冻胀处理；冷库的门应具有可靠的气密性。

1. 冷库地基与基础

土建式冷库的地基是指承受全部载荷的土层，基础是直接承受冷库建筑自重并将全部质量传递给地基的结构物。基础应有较大的承载能力、足够的强度，并可将冷库载荷均匀地传到地基上，以免冷库建筑产生不均匀沉降、裂缝；还应具有足够的抗潮湿、防冻胀能力。一般土建式冷库采用柱基础的较多。

2. 冷库的柱和梁

柱是冷库的主要承重物件之一。土建式冷库均采用钢筋混凝土柱，柱网跨度大。一般冷库柱子的纵横间距多为 $6\text{m}\times 6\text{m}$ ，大型冷库为 $16\text{m}\times 16\text{m}$ 或 $18\text{m}\times 6\text{m}$ 。为施工方便和敷设隔热材料，冷库柱子的截面均取方形。大型单层冷库库内净高一般不小于 6m ，中小型单层冷库为 $4\sim 8\text{m}$ ，多层冷库通常亦为 $4\sim 8\text{m}$ 。

梁是冷库重要的承重物件，有楼板梁、基础梁、圈梁和过梁等形式。冷库梁可以预制或现场用钢筋水泥浇筑。

3. 冷库墙体

墙体是冷库建筑的主要组成部分，可以有效地隔绝外界风雨的侵袭和外界温度变化对库内的影响，以及太阳的热辐射，并有良好的防潮隔热作用。冷库外墙主要由围护墙体、防潮隔热层、隔热层和内保护层等组成，如图 1-1 所示。围护外墙一般采用砖墙，其厚度为 240~370mm，在特殊条件下，也有现场浇制钢筋混凝土墙或预制混凝土墙等。对于砖外墙，其外墙两面均以 1:2 水泥砂浆抹面。外墙内依次敷设防潮隔气层、隔热层及内保护层。目前新建冷库防潮隔气层多为油毡或新型尼龙薄膜，并敷设于隔热层的相对高温侧，油毡隔气一般为二毡三油。冷库隔热层可用块状、板状或松散隔热材料，如泡沫塑料、软木、矿渣、棉等敷设或充填。

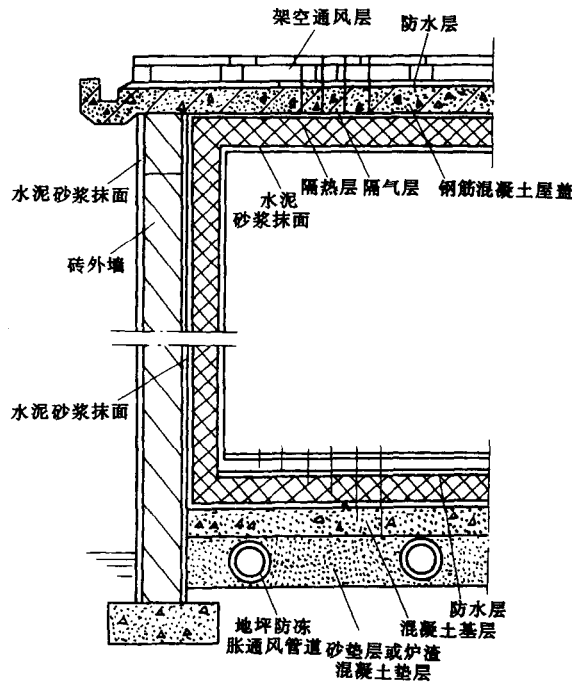


图 1-1 土建冷库的基本结构示意图

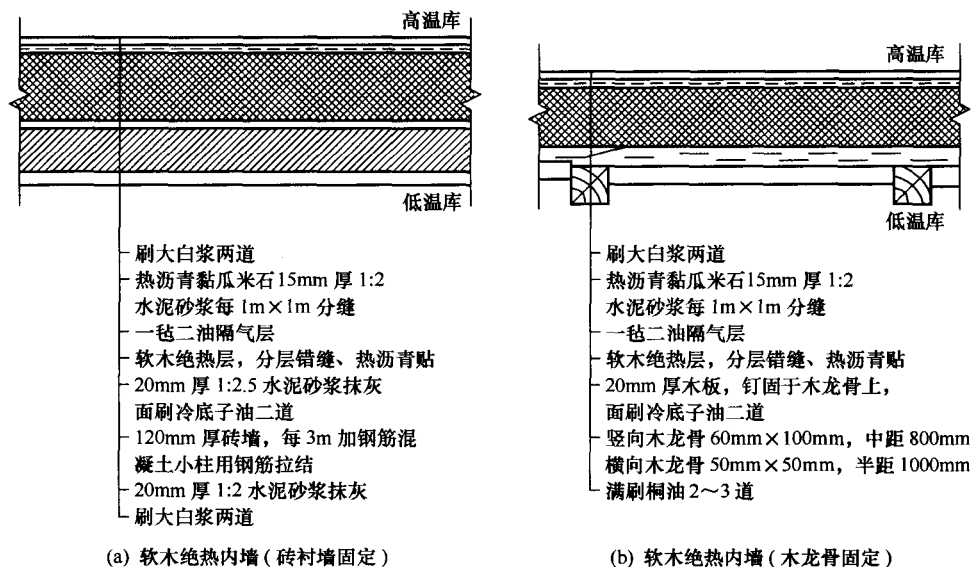
在某些分间冷库中，设有内墙，把各冷间隔开。当两邻间温差不超过 5℃时，可采用不隔热内墙，以 120mm 或 240mm 厚砖墙为宜，两面用水泥砂浆抹面；隔热内墙多采用块状泡沫塑料与混凝土作衬墙，再作防潮隔热，并以水泥砂浆抹面，隔热内墙的防潮隔气层做在两侧，亦可只做在高温侧。图 1-2 所示为冷库软木隔热内墙墙体结构。

4. 冷库屋盖、楼板及阁楼层

冷库屋盖应满足防水防火、防霜冻、隔热和密封牢固的要求，同时屋面应排水良好。冷库屋盖主要由防水护面层、承重结构层和防潮隔热层等组成，如图 1-1 所示。冷库屋盖的隔热结构有坡顶式、整体式和阁楼式三种。阁楼式隔热屋盖又分通风式、封闭式和混合式。

多层冷库的楼板为货物和设备质量的承载结构，应有足够的强度和刚度。冷库楼板可采

用预制板，但以现场钢筋混凝土浇制为多。图 1-3 所示为楼板隔热的做法。



注：① 本构造方法是软木贴于砖墙上，施工顺序为，先砌砖墙，后贴软木，而不能相反。

② 油毡隔气层设置在高温侧（见图示）。

③ 绝热材料可采用其他块状材料（如沥青膨胀珍珠岩、泡沫塑料等）。

④ 本隔墙用于分隔两个高温库时，因库温可能波动较大，绝热层的两侧都设置隔气层。

⑤ 本图标明在贴软木前刷冷底子油两道，以增加软木与砖墙的黏结性。

注：① 本格栅的大小要按工程实际而定，本图用料及间距尺寸适用于 4m 左右高的内隔墙。

② 油毡设置与库温有关，一般设在高温侧。

③ 本格栅亦可包在软木墙内，但其缺点是格栅处会因热阻不够，使投产使用后骨架处出现结冻现象。

图 1-2 冷库软木隔热内墙墙体结构

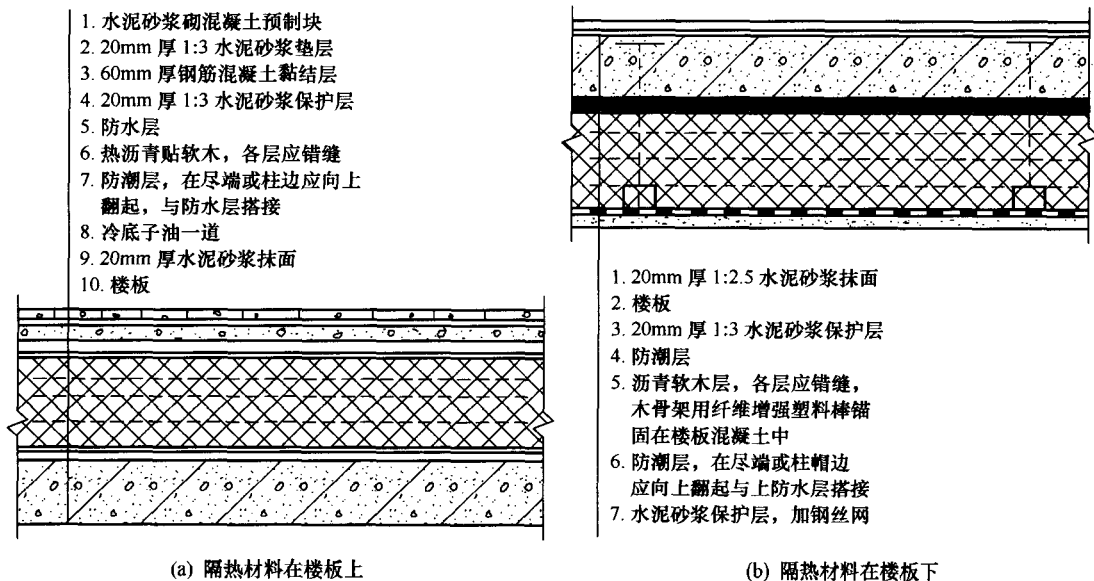


图 1-3 楼板隔热的做法

二、土建式冷库的隔热处理

土建式冷库墙体、地板、屋盖及楼板均应作隔热处理，各建筑体的隔热措施前面已有所描述，这里不再重复。而隔热层的具体设计将在第 3 章讲到。

土建式冷库常用隔热材料如下。

1. 软木

常用的软木又称碳化软木，为板、管、壳等形的制品。碳化软木导热系数小，抗压强度大，无毒，施工方便，可用于冷库隔墙、地面、楼板、管道等的隔热，但价格较高，且容易产生虫蛀、鼠咬和霉烂受潮。

2. 玻璃棉及制品

玻璃棉导热系数小，不燃烧，不霉烂，价格便宜。目前多将其制成隔热板或管壳，使用方便，抗冻性好。

3. 聚苯乙烯泡沫塑料

自熄性的聚苯乙烯泡沫塑料有着良好的隔热性能，但遇有明火或受热易产生对人体有害的气体，故目前已不推荐使用。

4. 聚氨酯泡沫塑料

该型隔热材料可预制各种厚度或直径的板料或管壳，用于冷库墙体、地板、屋盖隔热及至表面直接喷涂或灌注发泡成型，使用方便。聚氨酯泡沫塑料导热系数小，吸水率低，耐低温和自熄性好，是冷库隔热中选用较多的材料。

冷库常用隔热材料的热物理性见表 1-1，更多数据可查附录 B 中的表 B1。

表 1-1 冷库常用隔热材料热物理性

材料名称	密度 $\rho(\text{kg/m}^3)$	导热系数 λ		比热容 $c[\text{kJ}/(\text{kg} \cdot \text{K})]$	蓄热系数 (24h) $[(\text{W}/(\text{cm}^2 \cdot \text{K}))]$
		实测值	设计采用值		
玻璃纤维	190	0.04	0.076	1.09	0.51
聚苯乙烯泡沫塑料	19	0.035	0.047	1.21	0.23
聚氨酯泡沫塑料	40	0.022	0.03	1.26	0.28
软木	170	0.58	0.070	2.05	1.19

三、土建式冷库围护结构的防潮处理

冷库设计中的防潮隔气层应符合：砌砖外墙外侧应做水泥砂浆抹面；外墙体防潮隔气层应与地面、屋盖防潮隔气层良好地搭接；冷却间与冻结间隔墙隔热层两侧宜设防潮隔气层；隔墙的隔热层底部应作防潮处理；所有防潮隔气层敷设时均应顾及冷库其他隔热结构防潮隔气层的连续性。

冷库常用防潮隔气材料有石油沥青、油毡、沥青防水塑料和聚乙烯塑料薄膜等。其中石油沥青的防水蒸气性能好，又具有一定弹性、抗低温、防潮隔气性能稳定等特点，若与油毡结合使用，能达到良好的防潮隔气效果。聚乙烯塑料薄膜的透气性好，吸水性低，机械强度大，柔软性好，但耐老化、耐低温性能差。目前多数冷库仍以沥青、油毡作防潮隔气层。

冷库常用防潮隔气材料热物理系数可查附录 B 中的表 B2。对于冷库的防潮层的设计将在第 3 章讲到。