



中等职业教育国家规划教材
全国中等职业教育教材审定委员会审定

冷库制冷工艺

(制冷和空调设备运用与维修专业)

王 春 主编



机械工业出版社



中等职业教育国家规划教材(制冷和空调设备运用与维修专业)

序号	书名	学时	主编
1	热工与流体力学基础	85	程淑芬
2	制冷原理	54	田国庆
3	冷库制冷工艺	75	王 春
4	制冷空调装置操作安装与维修	90	陈福祥
5	制冷空调自动化	60	孙见君
6	制冷空调机器设备	84	濮 伟
7	空气调节技术与应用	75	李援瑛
8	小型制冷与空调装置	56	杨立平

ISBN 7-111-10570-2



9 787111 105701 >

定价: 14.00 元

地址: 北京市百万庄大街22号 邮政编码: 100037
 联系电话: (010) 68326294 网址: <http://www.cmpbook.com>
 E-mail: online@cmpbook.com

中等职业教育国家规划教材
全国中等职业教育教材审定委员会审定

冷库制冷工艺

(制冷和空调设备运用与维修专业)

主	编	王	春			
副	主	编	杜瑞喜			
参	编	陈	健	高润梅	王一农	李秀副
责任主审	匡奕珍					
审	稿	张	萍			

机械工业出版社

本书是在制冷原理的基础上,根据国内外冷库制冷工艺的发展需要和中等职业技术教育的特点编写而成,具有知识面宽,深浅适中,突出实用,内容新颖等特点。全书共七章,系统地介绍了冷库制冷工艺设计的基础知识、基本方法和技能。主要内容有制冷系统方案确定、制冷机器设备的选型、制冷管道和库体的设计计算和布置、制冷工艺图绘制、制冰和贮冰等。书中还列举了设计实例和思考与练习题。书末附有常用工质的热力性质表和图。

本书作为中等职业教育“制冷与空调设备运用与维修”专业课教材,也可供行业中、高级技术工人等级考核、岗位培训选用,还可供从事冷库设计、设备管理维修工作的技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

冷库制冷工艺/王春主编. —北京:机械工业出版社,
2002.7

中等职业教育国家规划教材·制冷和空调设备运用与
维修专业

ISBN 7-111-10570-2

I. 冷… II. 王… III. 冷藏库-制冷技术-专业
学校-教材 N. TB657.1

中国版本图书馆CIP数据核字(2002)第049845号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

责任编辑:倪少秋 版式设计:张世琴 责任校对:姚培新

封面设计:姚毅 责任印制:闫焱

北京京丰印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

2002年8月第1版·第1次印刷

787mm×1092mm¹/₁₆·11.5印张·279千字

0 001—3 000册

定价:14.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

本社购书热线电话(010)68993821、68326677-2527

封面防伪标均为盗版

中等职业教育国家规划教材出版说明

为了贯彻《中共中央国务院关于深化教育改革全面推进素质教育的决定》精神，落实《面向 21 世纪教育振兴行动计划》中提出的职业教育课程改革和教材建设规划，根据《中等职业教育国家规划教材申报、立项及管理意见》（教职成〔2001〕1 号）的精神，教育部组织力量对实现中等职业教育培养目标和保证基本教学规格起保障作用的德育课程、文化基础课程、专业技术基础课程和 80 个重点建设专业主干课程的教材进行了规划和编写，从 2001 年秋季开学起，国家规划教材将陆续提供给各类中等职业学校选用。

国家规划教材是根据教育部最新颁布的德育课程、文化基础课程、专业技术基础课程和 80 个重点建设专业主干课程的教学大纲编写而成的，并经全国中等职业教育教材审定委员会审定通过。新教材全面贯彻素质教育思想，从社会发展对高素质劳动者和中、初级专门人才需要的实际出发，注重对学生的创新精神和实践能力的培养。新教材在理论体系、组织结构和阐述方法等方面均做了一些新的尝试。新教材实行一纲多本，努力为教材选用提供比较和选择，满足不同学制、不同专业和不同办学条件的教学需要。

希望各地、各部门积极推广和选用国家规划教材，并在使用过程中，注意总结经验，及时提出修改意见和建议，使之不断完善和提高。

教育部职业教育与成人教育司

2001 年 10 月

前 言

随着我国经济、科技、文化的发展, 职业技术教育方兴未艾。刚刚跨入 21 世纪, 职业技术教育面临着前所未有的机遇和挑战。专家预测, 我国加入 WTO 后国外教育机构进入我国的突破口很可能是在职业技术教育和培训领域。作为面向 21 世纪中等职业教育“制冷与空调设备应用与维修”专业课教材之一的《冷库制冷工艺》, 就是为了适应我国制冷技术发展的需要, 与国际制冷技术接轨, 寻求发展, 迎接挑战而编写的。

本书的主要特点是“宽、浅、用、新”, 以淡化专业意识、拓宽知识、加强素质教育和能力培养为原则, 结合中等职业教育的特点, 全面系统地介绍了冷库制冷工艺设计的基础知识、基本方法和基本技能。

“宽”就是知识面宽。以加强培养对象的知识积累为基础, 不仅介绍了制冷技术及其应用方面的知识, 而且涉及到了与冷库设计相关的食品加工、建筑设计、通风技术等方面的基础理论。

“浅”就是适合中专生、技校生的认知特点和接受能力, 尽量降低专业理论的难度。内容深浅适中, 文句简练, 通俗易懂, 并采取图文并茂的形式, 以求其更具直观性。

“用”就是突出能力本位的职业教育思想, 注重知识的实用性。本书突破传统教材的陈规, 以知识运用为重点, 技能训练为手段, 增加了冷库设计实例, 绘制制冷工艺图技能训练等内容, 理论联系实际, 以求适应就业的需要。

“新”就是内容新颖。本书从新材料、新技术、新应用上着手, 吸收了国内外最新制冷工艺, 采用最新设计规范和标准。例如: 对书中涉及的名词术语、物理量采用最新表述法; 各物理量均采用法定计量单位; 对目前应用广泛而有发展前途的螺杆压缩机, 平板冻结技术以及制冷剂 CFCs 的替代问题和冷库计算机辅助设计 (CAD) 技术等作了必要的介绍。

全书共分七章, 第二章的第一节到第三节和附录由内蒙古轻工业学校王春编写, 第三章、第七章由内蒙古轻工业学校杜瑞喜编写, 第五章和第一章的第四节由济源职业技术学院陈健编写, 第四章由内蒙古轻工业学校高润梅编写, 绪论、第二章第四节到第七节、第六章由内蒙古轻工业学校王一农编写, 第一章的第一节到第三节由济源职业技术学院李秀副编写。各章节之间按照冷库制冷工艺设计程序逐步深入, 紧密衔接, 环环相扣, 形成了基础知识、实践应用、选用知识三大模块结构体系。全书由王春、杜瑞喜统稿。

本书为中等职业教育“制冷与空调设备运用与维修”专业课教材, 也可作为行业中、高级技术工人等级考核或岗位培训教材, 还可供从事冷库设计、冷库设备管理和维修等相关专业工程技术人员参考。全书教学参考学时约 75 课时, 带 * 的章节为选用知识模块, 各学校可根据专业方向和地域性冷库实际情况取舍。

本书在编写过程中, 得到了内蒙古轻工业学校, 济源职业技术学院等单位的大力支持, 在此表示深切的谢意。

由于作者水平有限, 加之时间仓促, 书中错漏之处在所难免, 敬请专家和读者指正。

编者

2002 年 1 月

目 录

前言

绪论	1
----------	---

思考与练习	4
-------------	---

第一章 制冷系统方案的确定	5
---------------------	---

第一节 制冷系统的基本构成、分类 及其特点	5
--------------------------------	---

第二节 制冷系统方案设计与确定	9
-----------------------	---

第三节 制冷机器设备的配置方案	14
-----------------------	----

第四节 制冷剂、载冷剂及润滑油	21
-----------------------	----

思考与练习	24
-------------	----

第二章 冷库制冷系统选型与基	
----------------	--

本计算	26
-----------	----

第一节 冷库计算	26
----------------	----

第二节 制冷机器设备的选型	41
---------------------	----

第三节 冷凝器的选型计算	52
--------------------	----

第四节 冷却设备的选型	54
-------------------	----

第五节 节流阀的选型设计	57
--------------------	----

第六节 辅助设备的选型设计	59
---------------------	----

第七节 冷库计算机辅助设计简介	64
-----------------------	----

思考与练习	65
-------------	----

第三章 制冷管道设计计算	66
--------------------	----

第一节 制冷管道的阻力计算	66
---------------------	----

第二节 制冷管道设计计算	67
--------------------	----

第三节 管道的伸缩和补偿	80
--------------------	----

第四节 管道的隔热及保温层设计	82
-----------------------	----

第五节 管道支架吊架	86
------------------	----

思考与练习	88
-------------	----

第四章 制冷系统布置	89
------------------	----

第一节 机房布置设计	89
------------------	----

第二节 库房冷间设计	98
------------------	----

第三节 装配式冷库与其他食品冻结 装置	103
------------------------------	-----

第四节 空调冷冻站	109
-----------------	-----

思考与练习	115
-------------	-----

第五章 制冰与贮冰	116
-----------------	-----

第一节 盐水制冰	116
----------------	-----

第二节 贮冰间	122
---------------	-----

第三节 其他制冰方法	124
------------------	-----

思考与练习	126
-------------	-----

第六章 制冷工艺图、施工图	127
---------------------	-----

第一节 制冷系统原理图的绘制	127
----------------------	-----

第二节 设备平面图、管道安装图及 透视图	133
-------------------------------	-----

思考与练习	141
-------------	-----

第七章 绘制制冷系统工艺图	
---------------	--

技能训练	142
------------	-----

第一节 绘制简单制冷系统原理图	143
-----------------------	-----

第二节 绘制制冷系统平面、剖面及 透视图	144
-------------------------------	-----

第三节 绘制制冷系统非标准件图	154
-----------------------	-----

思考与练习	157
-------------	-----

附录	158
----------	-----

附录 A 常用单位换算表	158
--------------------	-----

附录 B 常用制冷工质的热力性质 表和图	159
-------------------------------	-----

表附 B-1 R12 饱和性质表	159
------------------------	-----

表附 B-2 R22 饱和性质表	161
------------------------	-----

表附 B-3 R50 (甲烷) 饱和性质表	162
-----------------------------	-----

表附 B-4 R134a 饱和性质表	164
--------------------------	-----

表附 B-5 R717 (氨) 饱和性质表	166
-----------------------------	-----

表附 B-6 R718 (水) 饱和性质表	167
-----------------------------	-----

图附 B-1 R12 压-焓图	169
-----------------------	-----

图附 B-2 R22 压-焓图	170
-----------------------	-----

图附 B-3 R23 压-焓图	171
-----------------------	-----

图附 B-4 R50 (甲烷) 压-焓图	172
----------------------------	-----

图附 B-5 R123 压-焓图	173
------------------------	-----

图附 B-6 R134a 压-焓图	174
-------------------------	-----

图附 B-7 R717 (氨) 压-焓图	175
----------------------------	-----

参考文献	176
------------	-----

绪 论

冷库是在特定的温度和相对湿度的条件下,对食品和工业原料、生物制品、医药等物品进行加工和贮藏,以保持物品的食用价值或使用价值的专用建筑物。目前,我国冷库中用于食品冷加工和冷藏的占有较大的比例,所以本书主要介绍食品冷库制冷工艺方面的设计技术。

一、食品冷库的种类及应用

食品冷库按库容量大小分为大、中、小三类。大型冷库的容量在 10000t (吨) 以上,中型冷库的容量为 1000~10000t,小型冷库的容量在 1000t 以下。这种分类方法的容量界限目前尚未统一,我国建设部批准发布的《果品库建设标准》(建标 [1992] 435 号) 中将果品冷库规模分为四类:一类为 3001~5000t;二类为 2001~3000t;三类为 1001~2000t;四类为 500~1000t。

按冷库设计温度分为高温库和低温库。一般高温库的设计温度在 -2°C 以上,主要用于食品冷却和水果、蔬菜、乳、蛋等冷却食品冷藏。低温库的设计温度在 -15°C 以下,主要用于食品冻结和肉类、鱼、虾等冻结食品冷藏。

按冷库的使用性质分为生产性冷库、分配性冷库、综合性冷库和生活服务性冷库。这四类冷库的作用和特点如下:

生产性冷库是食品加工企业的重要组成部分,主要建筑在货源集中产区,其任务是对食品(鱼、肉、禽、蛋、果、菜等)进行冷加工并作短期储存运往消费地区分配。它的特点是冷加工能力较大,同时配有一定容量的冷藏吨位,食品流通是零进整出。

分配性冷库主要是接收经过冷加工的食品,一般建设在大城市、水陆交通枢纽或人口密集的工矿区,用于市场供应、运输中转或食品储备。其特点是冷藏量大,冻结能力小,而且要考虑多种食品的储存,食品流通是整进零出。

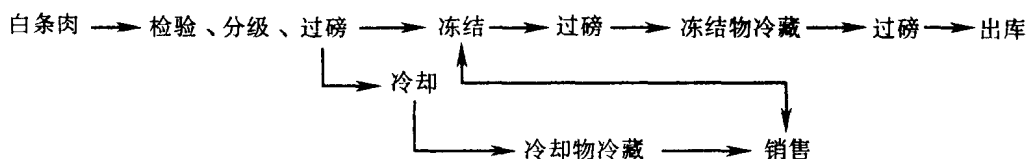
综合性冷库兼有生产性和分配性冷库的特点,具有一定的冷藏和冻结能力,既可冷藏又可进行冻结加工。

生活服务性冷库一般建在较大的食品商店、菜场、饭店、单位食堂、直接为消费者服务和调济生活储存食品,一般容量较小。

此外,食品冷库按结构形式又可分为固定式冷库、组合式冷库、覆土式冷库、山洞式冷库;按冷库的层数,分为单层冷库和双层冷库等。

二、食品冷库生产工艺流程

1. 肉类(猪、羊、牛等)



屠宰后的白条肉经检验、分级、过磅被加工成冻结肉有两种方法,即二次冻结和一次冻

结。所谓二次冻结，就是指肉禽类在冻结前，先送入冷却间冷却，使食品温度降至 4°C ，然后转入冻结间进行冻结，使食品温度降到 -15°C 。一次性冻结就是指食品不经过冷却，直接进入冻结间内进行冻结，使食品温度一次性降到 -15°C 以下。一般选择一次性冻结的方法。因为一次冻结不仅减少了一次搬运，缩短了冷加工时间，而且单位产量电耗少，食品干耗损失降低。

2. 禽类

宰杀后的家禽 → 检验、分级、过磅 → 冷却、包装 → 冻结 → 冻结物冷藏 → 出库

3. 鱼类

鲜鱼清洗、分级、装盘 → 冻结 → 脱盘、过磅 → 冻结物冷藏 → 过磅 → 出库

4. 鲜蛋、水果

鲜蛋或水果挑选、分级、过磅、装箱 → 冷却 → 冷却物冷藏 → 过磅 → 出库

↑
不超库容量 5% 可直接进入冷却物冷藏间

5. 冻结食品（指已冻结而运入分配性冷库的食品）

冻结食品检验 → 过磅 → 冻结物冷藏 → 过磅 → 出库

↑
食品温度高于 -8°C 时必须在冻结间再冻

三、食品冷加工工艺简介

食品加工工艺学属于专门领域的学科，食品冷加工是食品加工方法之一，这里仅是从帮助从事食品冷库设计的工程技术人员了解食品冷加工的一般性知识，以及了解食品冷加工工艺对冷库和制冷工艺设计的一般性要求这一目的出发，对食品冷加工工艺作概略介绍。

食品冷加工是指采用人工的办法提供一个低温环境，将食品温度降到设定温度后，使之长期处于设定低温状态的加工方法。其过程包括降温 and 保温，目的是保持食品的新鲜度，延长食品的贮藏期，防止食品腐败变质，维持或改善食品加工前的营养价值。

(1) 食品的冷却 是指在食品的水分没有结冰现象的情况下，使其温度降低到设定温度的过程。经冷却的食品，或是运往市场或在冷却物冷藏间贮藏或送往冻结间进行冻结。肉禽类冷却时，要求冷却间温度在进货前应为 -3°C 左右，进货后升至 -1°C ，冷却开始时相对湿度为 $95\%\sim 98\%$ ，冷却终了时约为 $90\%\sim 92\%$ ，空气循环次数为 $50\sim 60$ 次/h。当肉禽温度达到 4°C 时，冷却即告完成。

近年来我国冷库采用快速冷却法，将库内温度降到 $-7\sim -10^{\circ}\text{C}$ ，使冷空气首先吹到肉密实、较厚处（猪白条肉大腿上）；有的冷库采用冷水快速冷却法。

水果、蛋品冷却也采用空气循环冷却，库内温度水果采用 $\pm 0^{\circ}\text{C}$ ，蛋品采用 -2°C ，库房相对湿度应保持在 90% 左右。冷却时间约 40h 左右。

(2) 食品的冷冻 使食品的温度降低并使其中的水分由液态变为固态的过程叫食品的冷冻。大多数食品的冰点为 $-4\sim -0.5^{\circ}\text{C}$ 。

食品在冻结过程中，当一部分液态水变成冰后，尚未结冰的水溶液浓度增加，其冰点不断下降。对大多数食品，当温度降至 $-5\sim -3^{\circ}\text{C}$ 时有 80% 的水分被冻结成冰，要使食品的水分全部冻结成冰需要将食品温度降至 -60°C 左右，这种做是不经济的，而且工业化生产也极难实现。我国通常将冻结食品的温度降至 $-20\sim -15^{\circ}\text{C}$ 之间，这对于大多数食品来说，已有

90%以上的水分结成了冰。

肉类冻结大都采用强制空气循环冷却方式，冻结间温度为 $-23\sim-30^{\circ}\text{C}$ ，肉内温度达到 -15°C 以下，冻结即告结束。鱼、禽、兔类冻结有采用强制空气循环冷却，也有采用半接触式加强制空气循环冷却，当冻结间温度为 $-23\sim-30^{\circ}\text{C}$ 时，食品冻结时间应根据食品种类、有无包装等情况确定。

随着食品冷加工技术的发展和人们对食品质量、食品卫生要求的提高，盘装、盒装冻结食品日趋普遍，盘装、盒装、袋装食品利用平板冻结技术，采用接触式冻结方式进行冷加工。即将食品放入平板冻结器内，由于食品的上下两个面与低温平板直接接触，大大提高了传热效果，冻结的时间大幅度缩短。

(3) 食品的冷藏 是指为冷却或冻结食品提供一个满足指定要求的低温空间（在冷库中称为冷藏间），减缓化学变化，延长贮藏期。食品的冷藏是一个保温过程。用于冷藏冷却食品的库房叫冷却物冷藏间，用于冷藏冻结食品的库房叫冻结物冷藏间。

冷却或冻结食品在冷库中贮藏时间长，库容量大。为了长期保持或改善食品的营养价值，要着重解决好两个问题：一是降低食品的脱水干耗；二是防止食品腐败变质。因此对冷藏间的温度、湿度以及空气中氧气、二氧化碳等气体的含量有严格的要求。

对冷却物冷藏间的要求：温度稍高于食品的冰点，一般保持在 $-2\sim-3^{\circ}\text{C}$ 之间，温度波动幅度不超过 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 。室内各处温度均匀，温差不大于 0.5°C 。相对湿度保持在 $80\%\sim 95\%$ 之间。对果蔬冷库还要考虑通风换气，定时通入适量的新鲜空气，保持氧气、二氧化碳有合适的浓度，适应果蔬采后呼吸的需要。必要时可采用气调库冷藏。

对冻结物冷藏间的要求：温度必须低于食品冻结温度，一般为 $-20\sim-18^{\circ}\text{C}$ ，温度波动幅度不超过 $\pm 1^{\circ}\text{C}$ 。食品中心温度比库温高，但最高不应高于 3°C 。进出库库温升高不超过 4°C 。库内相对湿度保持在 $95\%\sim 100\%$ 之间。

四、制冷与冷库的发展历史

人类最早将冬季自然界的天然冰雪保存到夏季使用，这在我国、埃及、希腊等文化古国的历史上都有记载。但是随着生活和生产的需要，天然冷源已不能满足实际的需要，迫使人们去实现人工制冷。

人工制冷的方法是随着工业革命而开始的。1755年爱丁堡化学教授库仑(W·Cullen)利用乙醚在真空下蒸发使水结冰。他的学生布拉克(Black)解释了融化和气化的现象，导出了潜热的概念，发明了冰量热器，标志着现代制冷技术的开始。

1843年在伦敦工作的美国人波尔金斯(J·Perkins)造出了第一台以乙醚为工质的蒸汽压缩式制冷机，获得了乙醚在封闭循环中膨胀制冷的美国专利(NO. 6662)。这是后来所有蒸汽压缩式制冷机的雏型。1872年美国人波义尔(Boyle)发明了氨压缩机。1874年德国人林德(Linde)建成了第一个氨压缩式制冷系统，从此蒸汽压缩式制冷机开始占了统治地位。此外，1895年法国人卡列(F·Caree)发明了氨吸收式制冷系统。1910年马利斯·莱兰克(Maurice·Lehlanc)在巴黎发明了蒸气喷射式制冷系统。19世纪，制冷技术发展迅速，已在食品冷藏、空气调节领域得到了应用。1858年美国人尼斯取得了冷库设计的第一个美国专利。1844年美国医生高里(J·Gorrie)用封闭循环的空气制冷机为发烧病患者建立了一座空调站，这是世界上第一台制冷和空调装置。

20世纪，世界制冷技术及应用得到了迅速发展。1929年随着氟利昂制冷剂的出现，使得

压缩式制冷机发展更快，并且在应用方面超过了氨制冷机。随后共沸混合制冷剂、非共沸混合制冷剂的使用，以各种卤代烃为主的制冷剂的发展几乎达到相当完善的地步。20 世纪 80 年代以后，制冷剂 CFCs 替代问题的研究又使制冷剂进入了一个以 HCFCs 为主体和向天然制冷剂发展的新的历史阶段。新的制冷剂不断发现，使制冷技术应用更加广泛，制冷范围扩大，制冷机器设备种类和形式增多，产品系列化，性能更完善，效率更高。

我国解放前制冷工业十分落后，基本上没有制造制冷机的能力。到 1949 年全国解放时，全国冷库总容量只有 35000t，相当于现在一个城市的拥有容量。到第一个五年计划末，全国制冷机制造厂发展到十几家，产品 30 多种。改革开放以来，我国的制冷技术获得迅猛发展，逐步形成了门类齐全，基本满足国民经济发展的繁荣景象。

我国于 2001 年 12 月正式加入 WTO，国际国内市场的竞争日趋激烈，就制冷工业而言，我国电冰箱、家用空调器、溴化锂吸收式冷（热）水机组以及部分制冷压缩机、冷藏冷冻设备在国际市场具有一定的竞争力。但是，在制冷压缩机的研究开发和生产能力以及制冷空调、冷库系统控制、智能化、网络化运行等方面与国际市场相比还存在较大的差距。目前国家投入巨资加快机场、铁路、公路等基础设施建设，调整农业产品结构，推进城市化进程，这必将会带动大型空调机组、列车空调、冷藏列车、冷藏汽车、冷藏集装箱等产品的生产和促进我国的“冷链”建设；在农业方面，谷物冷却机和粮食种子库建设，蔬菜、水果、养殖加工业的发展，花卉业的兴起等都将导致冷冻、冷藏、空调设备需求的旺盛，而且产品的科技含量越来越高，这必将会给食品冷藏事业的发展带来勃勃生机。可以预言，21 世纪我国制冷工业的发展会突飞猛进，必将跻身世界前列。

思考与练习

1. 按照使用性质冷库分哪几类？各有何特点？
2. 什么是食品一次冻结、二次冻结？分析比较两者的优缺点。
3. 冬天气温很低，使池塘里的水结成冰，请问这一过程是否为制冷过程？请举一日常生活中利用制冷过程的例子。
4. 什么是食品的冷却，食品的冻结，食品的冷藏？

第一章 制冷系统方案的确定

所谓制冷系统，就是根据制冷原理将制冷所需要的机器设备及连接这些机器设备的管路所组成的一个闭合循环系统。这个系统的机器设备有制冷压缩机、冷凝器、节流阀、蒸发器以及为改善和调节制冷系统而配置的气液分离器、贮液器、油分离器等辅助设备。

第一节 制冷系统的基本构成、分类及其特点

一、制冷系统的基本构成

1. 制冷压缩机

制冷压缩机是制冷系统的核心设备，通常称为制冷主机。制冷压缩机的种类和型式很多，在冷库制冷系统中常用活塞式压缩机和螺杆式压缩机。

(1) 活塞式制冷压缩机 活塞式制冷压缩机是问世最早、应用最广的容积型压缩机，它依靠气缸工作容积的变化，把制冷剂蒸气从低压提升为高压，并使它在制冷系统中不断循环流动。

活塞式压缩机属于容积型往复式压缩机，按照其传动机构的形式可分为曲柄连杆式、斜盘式和滑管式，其中采用曲柄连杆机构的最为普遍。

按照制冷量的大小，活塞式压缩机分为大型、中型和小型三种。按 GB10871—1989 中温考核工况，单机制冷量在 550kW 以上的为大型压缩机，在 25kW 以下的为小型压缩机，居中者为中型压缩机。

按照使用温度范围，压缩机可分为高温、中温、低温三种机型。高温型为 $-10^{\circ}\text{C} \sim 10^{\circ}\text{C}$ ，中温型为 $-20 \sim 0^{\circ}\text{C}$ ，低温型为 $-40 \sim -10^{\circ}\text{C}$ 。

活塞式压缩机生产历史悠久，制造技术成熟，使用性能良好，其机型有几十种之多，单机名义制冷量从十几千瓦到几百千瓦，在目前制冷系统中使用最为普遍。但是，活塞式压缩机结构较复杂，易损件多，零部件也多，管理和维修比较麻烦，多用于中、小冷量范围。

(2) 螺杆式制冷压缩机 螺杆式压缩机是利用螺杆的转动使基元容积周期性地扩大、缩小，使制冷剂蒸气被吸入、压缩和排出，完成工作循环。螺杆式压缩机属于容积型回转式压缩机，按结构分有单螺杆和双螺杆两种。

螺杆式压缩机容积效率高，运行寿命长，结构简单，动力平衡性好，排气温度低，能实现无级能量调节，维修方便。但另一方面，螺杆式压缩机运行噪声较大，对螺旋转子的加工精度要求较高，油系统复杂，耗油量大，排气压力低于活塞式压缩机，因此在使用上受到了一定的限制，多用于中等冷量范围。

2. 冷凝器

冷凝器是制冷系统中主要的热交换设备之一，其作用是把制冷压缩机排出的高温制冷剂过热蒸气冷却和冷凝为高压液体。制冷剂在冷凝器中放出的热量由冷却介质带走。

(1) 水冷式冷凝器 在水冷式冷凝器中，制冷剂放出的热量被冷却水带走。水冷式冷凝器按其形状有套管式、壳管式及板式等类别。

套管式冷凝器是在一根直径较大的钢管或铜管中，套一根或数根直径较小的铜管（光滑管或低肋管），然后根据机组布置的要求弯制成圆形或U形螺旋型式。制冷剂蒸气从上部进入外套管，冷凝液从外套管下部流出；而冷却水则由下部进入内管，与制冷剂呈逆向流动，沿程吸收制冷剂蒸气的热量，最后由上部流出，这种型式的冷凝器常用于小于40kW的小型氟利昂制冷系统中。

壳管式冷凝器分为立式和卧式两种。立式壳管式冷凝器，外壳是用钢板卷制焊接成的圆柱体，筒体两端焊有多孔管板，孔内对应有传热管，用于对制冷剂的冷却。其特点是结构庞大，耗材多；冷却水流速低，易结垢，冷却水消耗量大，传热系数比卧式要低，适用于水源充足、水质较差的地区。卧式壳管式冷凝器的结构与立式类似。当制冷剂为氨时，传热管采用无缝钢管，制冷剂为氟利昂时，传热管采用低肋铜管。卧式壳管式冷凝器的传热系数较高，冷却水耗用量较少，但对水质要求较高，广泛用于大、中、小型氨和氟利昂制冷系统。

板式冷凝器是以波纹板为换热表面的高效、紧凑型换热器，有螺栓紧固式和烧结式两种结构形式。板式换热器体积小、结构紧凑，比同样传热面积的壳管式换热器小60%；传热系数高，流动阻力损失小，制冷剂流灌量少；能适应流体间的小温差传热，可降低冷凝温度，提高压缩机性能；目前，板式冷凝器已广泛用于模块化冷水机组。

(2) 风冷式冷凝器 风冷式冷凝器是利用常温的空气来冷却的，制冷剂在管内冷凝，空气在管外流动，带走制冷剂放出的热量。由于制冷剂蒸气在管内的传热系数远大于管外空气侧的传热系数，因而通常在管外都加翅片，以增强传热效果。

根据管外空气流动的动力情况，风冷式冷凝器可分为自然对流和强迫对流两种型式。自然对流的传热效果差，只适用于家用电冰箱及微型制冷装置。强迫对流式一般装有轴流式风机，传热效率高，不需水源，用于小型装配式（组合式、活动式）冷库中。

(3) 蒸发式冷凝器 蒸发式冷凝器是利用水蒸发时吸收热量，使管内的制冷剂蒸气凝结的。蒸发式冷凝器设有风机，以使空气加大流速，不断带走水蒸气，加速喷淋水的蒸发。因此，蒸发式冷凝器的耗水量少，空气流量也不大。特别适用于缺水地区，通常安装在制冷机房的屋顶上。

(4) 淋激式冷凝器 它由无缝钢管制成，制冷剂蒸气从下面进入蛇形管，而冷却水从上部的配水箱流入水槽中，经水槽下面的缝隙流到蛇形管外表面，吸收热量后流入水池。冷却水经冷却塔冷却后循环使用。淋激式冷凝器构造简单，可现场加工制作，水垢易清除，通常是露天安装，在大、中氨制冷系统中使用。

3. 蒸发器

蒸发器是制冷系统的主要热交换设备之一。它利用节流后的制冷剂液体在蒸发器中蒸发吸收被冷却介质的热量，使被冷却介质的温度降低，达到制冷的目的。根据被冷却介质的种类，蒸发器分为冷却液体和冷却空气两大类。

(1) 冷却液体的蒸发器 按供液方式的不同，冷却液体的蒸发器又分为满液式和非满液式两种。

满液式蒸发器广泛用于大、中型氨制冷系统中，由于蒸发器内充满了液态制冷剂，使传热面与液态制冷剂接触，所以传热系数较大。常见结构有立管式、螺旋管式和卧式壳管式。

非满液式蒸发器主要用于氟利昂制冷系统，在蒸发器中制冷剂处于气液共存的状态，部分传热面与气态制冷剂相接触，所以传热系数较满液式低，但其制冷剂充注量少，回油方便。

常见的有干式壳管式蒸发器。

(2) 冷却空气的蒸发器 按照空气流动的原因, 冷却空气的蒸发器可分为自然对流式和强迫对流式两种。

1) 排管广泛用于冷库, 结构型式有立管式、水平管式、搁架式等。立管式沿墙壁安装, 水平管和蛇管式可沿墙壁安装, 也可吊顶安装, 排管有光滑管和翅片管两种。搁架式安放在库房中央, 作为冷库中的冻结设备, 具有容易制作、结构紧凑、不需维修等优点。

2) 冷风机是由几排带肋片的盘管和风机组成, 依靠风机的强制作用, 使被冷却房间的空气从盘管组的肋片间流过, 管内制冷剂吸热气化, 管外空气冷却降温后送入房间。与冷却排管相比, 冷风机具有体积小, 换热系数大, 安装方便, 库温均匀, 易于调节等优点。缺点是因为采用了风机, 不仅消耗电能, 而且由于库内风速较大, 食品干耗增加。

4. 节流阀

制冷机的节流阀位于冷凝器(或贮液器)和蒸发器之间, 从冷凝器来的高压制冷剂液体经节流机构节流后变为低压状态, 进入蒸发器中。节流阀除了起节流降压作用外, 还具有自动调节制冷剂流量的作用。常用的节流阀有: 手动节流阀、浮球调节阀、热力膨胀阀、热电膨胀阀、恒压膨胀阀等。

手动节流阀的管理比较麻烦, 工况难保持稳定, 只在氨制冷系统中有所使用。

浮球调节阀用于具有自由液面的蒸发器、中间冷却器和气液分离器供液量的自动调节。

热力膨胀阀普遍用于氟利昂制冷系统, 适用于没有自由液面的蒸发器。

热电膨胀阀由感温元件和阀体两部分组成, 感温元件可以感受制冷剂蒸气的温度, 调节灵敏度高, 适用于一些小型氟利昂制冷装置中。

恒压膨胀阀是依靠蒸发压力来调节供液量的一种自动膨胀阀, 其结构简单, 调节性能差, 只适用于蒸发温度及冷负荷比较稳定的情况。

5. 辅助设备

为了保证制冷系统正常运转、提高运行经济性和安全可靠, 制冷系统还需要一些辅助设备, 一般有中间冷却器、油分离器、集油器、贮油器、气液分离器、空气分离器、过冷器以及必要阀门、仪表等。辅助设备的作用将在第二章介绍。

二、制冷系统的分类及其特点

根据所用制冷剂的情况, 制冷系统可分为氨制冷系统和氟利昂制冷系统以及其它工质制冷系统。根据压缩级数, 制冷系统可分为单级、多级及复叠式制冷系统。

(1) 单级压缩制冷系统 所谓单级压缩是指制冷工质在一个循环中只经过一次压缩, 通常在制冷系统中只有一台制冷压缩机或几台制冷压缩机并联使用, 如图 1-1。

采用单级压缩制冷系统, 要求冷凝压力与蒸发压力的比值不能太大; 选用活塞式氨压缩机, 冷凝压力与蒸发压力的比值应小于或等于 8; 选用氟制冷压缩机, 冷凝压力与蒸发压力的比值应小于或等于 10。同时单级压缩系统的蒸发温度也不能太低, 一般在普通冷凝温度下蒸发温度可达 $-30 \sim -15^{\circ}\text{C}$ 。若冷凝压力与蒸发压力的比值超过单级压缩的限定值或需要较低的蒸发温度时, 就必须采用多级压缩制冷或复叠式制冷。

(2) 多级压缩制冷系统 多级压缩制冷是指将制冷剂蒸气的压缩过程分几次来实现。对于活塞式及螺杆式压缩机, 由于每次压缩的压力比较大, 两次压缩即可达到足够低的蒸发压力, 故一般只采用两级压缩循环。双级压缩形式又分为单机双级压缩和配组双级压缩。

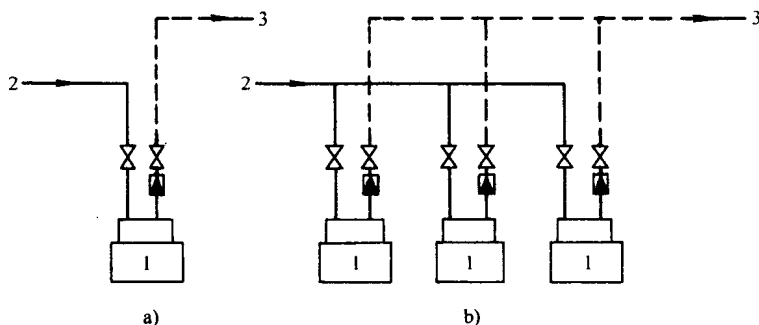


图 1-1 单级压缩形式

a) 单台压缩机 b) 多台压缩机

1—制冷压缩机 2—接蒸发器 3—接冷凝器

单机双级压缩是采用一台制冷压缩机进行双级压缩,它具有占地面积小、系统管道简单、操作管理方便、施工周期短等优点,用于大、中型冷库中。缺点是不能根据工作条件变化灵活调整。图 1-2 为单机双级压缩形式。

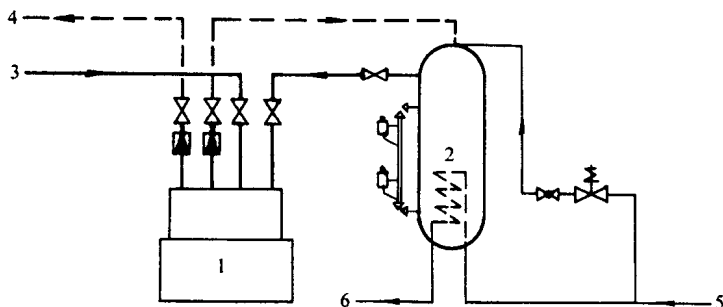


图 1-2 单机双级压缩形式

1—单机双级压缩机 2—中间冷却器 3—接低压循环桶 4—接油

分离器 5—接总调节站 6—供液

配组式双级压缩形式是由几台单级压缩机配合来完成高、低压级压缩。

配组式双级压缩形式,可根据蒸发压力的变化灵活调整,使其单级运行或双级运行。这种形式对热负荷变动较大的冷库更为适宜,如图 1-3 所示。

(3) 复叠式制冷系统 复叠式制冷系统有多种组合方式,设备较多,系统比较复杂,一般用于制取 -70°C 以下的低温,在食品冷库中一般不采用。

三、提高制冷效率的基本措施

影响冷库制冷效率的因素很多,除了在日常使用中加强管理、及时调整冷藏食品结构、降低单位产品的耗电量外,在设计时,尽量采用新工艺、

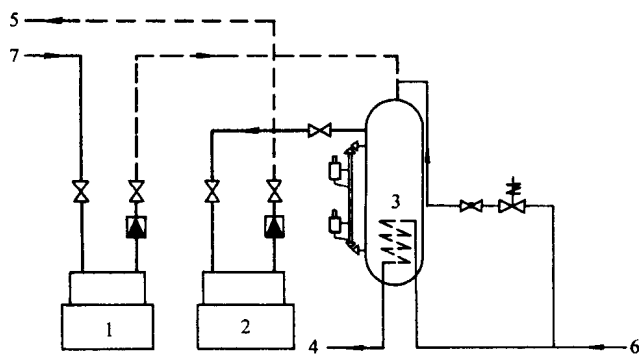


图 1-3 配组双级压缩形式

1—低压压缩机 2—高压压缩机 3—中间冷却器 4—供液

5—接油分离器 6—接高压贮液器 7—接氨液分离器

新技术、新设备，以提高制冷效率。

(1) 减少冷库围护结构单位热流量指标 在冷库设计中，低温冷库的外墙的单位热流量指标，一般采用 $11.63\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ 左右，如果将此值降到 $6.98 \sim 8.14\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ ，对于一座 5000t 至 10000t 级的低温冷库，动力费可下降 10% 左右。当然，由于单位热流量指标的降低，围护结构的隔热层要加厚，一次投资要提高。但与运行费用的减少相比较，无论从经济角度，还是技术管理角度来考虑，采用降低冷库围护结构单位热流量指标的做法是合理的。

(2) 减小制冷系统蒸发温度与库房温度的温差 当库房温度一定时，随着蒸发温度与库房温度温差的缩小，蒸发温度就能相应提高，如果冷凝温度保持不变，就意味着制冷压缩机制冷量的提高，也就是说要获得相同的冷量可以少消耗电能。再则，小的温差对降低库房贮藏食品的干耗也是极为有利的。小的温差能使库房获得较大的相对湿度，减少贮藏食品的干耗。

提高蒸发温度的措施主要是适当增大蒸发器的传热面积和增加通风量。

(3) 根据不同的冷藏食品 and 不同的贮藏期确定相应的贮藏温度 针对食品（特别是肉食品）在低温贮藏期间的生化变化及嗜低温细菌滋长和繁殖被抑制的程度，确定相应较佳的贮藏温度，如低于半年的低温贮藏，一般采用的贮藏温度为 $-15 \sim -18^\circ\text{C}$ ；超过半年的低温贮藏，贮藏温度 $\leq -18^\circ\text{C}$ ；对于含脂肪量大的食品，为防止低温贮藏期脂肪的氧化，应采用低于 -18°C 的贮藏温度，最好是一 $-25 \sim -20^\circ\text{C}$ 的温度。由此可见，采取了不同贮藏温度后，对于某些物品，特别是属短时期贮藏者，就可适当提高贮藏温度，从而就提高了制冷压缩机的制冷量。

(4) 冻结间配用双速或变速电动机的冷风机 食品在冻结间冻结过程中，热量的释放实际上是不均匀的放热过程，所以冻结过程对冷却设备的需冷量也是不均匀的。食品的冻结过程由冷却、冰晶形成、冻结降温三个阶段组成；在冰晶形成阶段所需冷量最大，要求风量大；在冷却和冻结降温阶段，单位时间内热负荷较小，可适当降低风速。如果冷风机配用双速或变速电动机，冻结的循环风量可以得到调节，从而达到节能的目的。

(5) 冷却物冷藏库配用双速电动机的冷风机 冷却物冷藏库一般都是既用作冷藏又用作冷却。在货物进库时，用作冷却，此时热负荷较大，冷风机需较大的风量，电动机为高速档，当货物经冷却后进入贮藏期，其热负荷较小，冷风机风量可小些，电动机为低速档，以达到节能目的。

第二节 制冷系统方案设计与确定

制冷方案是设计单位根据设计任务书而提出的初步构想，是一个关键的环节。制冷方案的好坏与制冷装置的使用效果密切相关。因此在确定方案时，应从先进、实用、经济等方面对不同的方案进行分析比较，选择最合理的设计方案。

一、制冷方案设计的原则与内容

(1) 制冷方案设计的原则 制冷方案设计应遵循的原则是：①满足食品冷加工工艺要求，保证质量，降低干耗；②制冷系统要运转可靠，操作管理方便，有安全保障；③制冷系统应优先采用新设备、新工艺及新技术；④考虑经济性，综合比较初置费用和运转费用；⑤考虑技术经济发展趋势。

(2) 制冷系统方案设计的主要内容 冷库制冷系统一般由供液系统、蒸发系统、压缩冷

凝系统、中间冷却和液体再冷却系统组成，这些都是制冷系统方案设计的内容。本节主要介绍供液方式的确定、冷间冷却方式（蒸发系统）的确定、蒸发系统的融霜方式的确定以及制冷系统的安全保护措施。

二、制冷系统供液方式的确定

高压制冷剂液体经节流后，分别供给各蒸发器。供液方式有多种，它们各有优缺点，可根据不同的使用要求来确定。

(1) 直接节流供液 直接节流供液是利用冷凝压力和蒸发压力之间的压力差，将液态制冷剂经节流阀膨胀后直接供给蒸发器。直接节流供液的特点是：

1) 系统简单，操作管理方便，依靠节流阀开启度直接调节蒸发系统供液量，工程费用低，但可靠性较差。

2) 对于多个冷间，当使用情况不均衡时，不易调节控制。

3) 因系统缺少气液分离器，回气中夹带的液滴得不到分离，容易造成“液击”和“湿冲程”。

4) 由于节流后有闪发气体产生，这将占去部分蒸发器内部的空间，从而降低了蒸发器的传热系数。

直接节流供液方式适宜于单一节流装置单一蒸发回路，且负荷比较稳定的小型氟利昂制冷系统，由于使用热力膨胀阀和回热交换器等设备，能根据系统负荷变化自动调节供液量，优点更为突出，应用较多。图 1-4 为典型的直接膨胀供液系统。

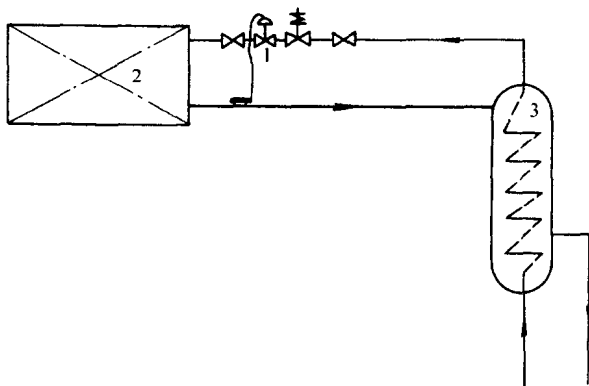


图 1-4 氟利昂系统直接膨胀供液

1—热力膨胀阀 2—蒸发器 3—热交换器

(2) 重力供液 重力供液是在蒸发器与节流阀之间增设一个气液分离器，使其中的液面高于冷却设备的工作液面，借助液柱的静压力来克服流动阻力，使液态制冷剂流入冷却设备如图 1-5 所示。

重力供液方式的特点是：

1) 高压液体制冷剂节流后进入气液分离器，将节流后产生的无效蒸气进行分离，有利于提高冷却设备的传热系数。

2) 进入液体调节站的不再是气液混合的状态，对并联排管的均匀供液有利。

3) 蒸发器的回气经过了气液分离器的分离，避免了压缩机“湿行程”的发生，保证了压缩机的安全运行。

4) 为了保证静液柱高度，重力供液一般要设阁楼放置氨液分离器，增加了土建投资，不便于集中管理。

5) 由于液态制冷剂在蒸发器内作自然流

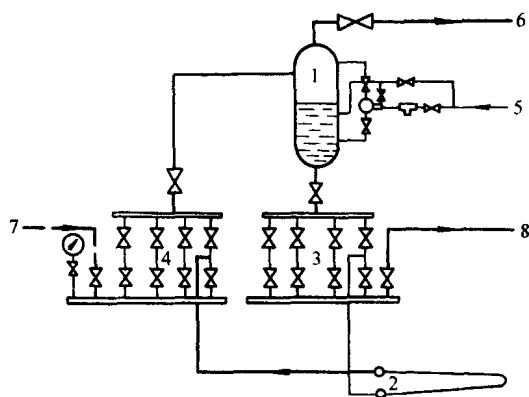


图 1-5 重力供液系统

1—气液分离器 2—蒸发器 3—液体调节站

4—气体调节站 5—供液管 6—吸入管

7—热氨管 8—排液管