

LENGKU

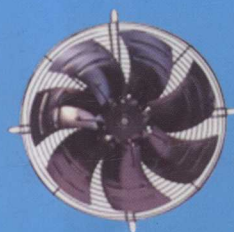
ANZHUANG YUNXING YU WEIXIU



冷库

安装、运行与维修

魏龙 主编



武科大图书馆



A1073790



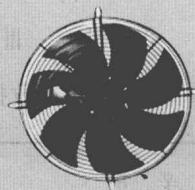
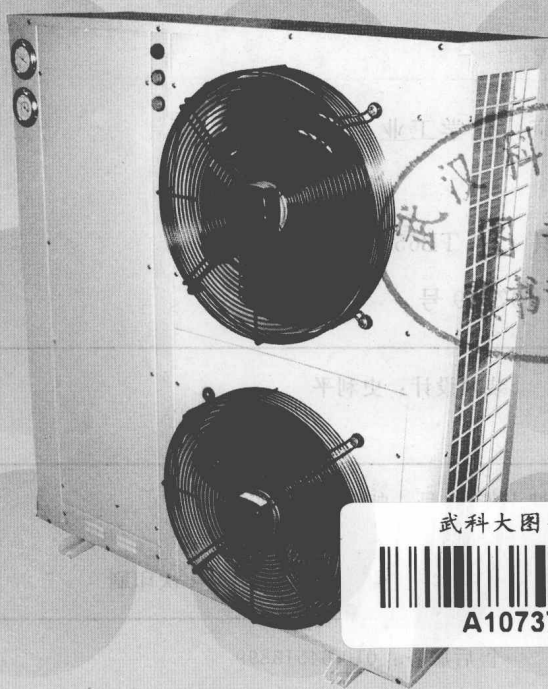
化学工业出版社

LENGKU ANZHUANG YUNXING YU WEIXIU



冷库 安装、运行与维修

魏 龙 主编



武科大图书馆



A1073790



化学工业出版社

· 北京 ·

本书从强化培养操作技能角度出发,详细介绍了冷库安装、运行与维修实用技术,内容包括:冷库的相关基础知识,常用仪表、工具及设备,冷库制冷系统的安装、调试、运行操作、故障分析与排除、维护保养与检修等。

本书可作为教育、劳动社会保障系统,以及其他培训机构或社会力量办学和企业所举办的职业技能培训的教材,也可作为职业技术学院的技能实训教材,还可供从事冷库技术工作的管理人员和技术人员参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

冷库安装、运行与维修/魏龙主编. —北京:化学工业出版社, 2010.12
ISBN 978-7-122-09627-2

I. 冷… II. 魏… III. 冷藏库-基本知识 IV. TB657.1

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第197009号

责任编辑:辛 田
责任校对:徐贞珍

装帧设计:史利平

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)

印 装:大厂聚鑫印刷有限责任公司

787mm×1092mm 1/16 印张16 字数390千字 2011年1月北京第1版第1次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:45.00元

版权所有 违者必究

前言

PREFACE



近几年来,我国冷库建设发展十分迅速,主要分布在各水果、蔬菜、水产品主产区以及大中城市郊区的蔬菜基地。据相关资料显示:至2009年,我国冷库容量达900万吨左右,折成库容积约为3900万立方米,而美国现有冷库容量约为2200万吨,折成库容积约为9500万立方米。中国人口是美国的五倍,所以我们不难看出,中国未来的冷库需求很大。

近几年,我国冷库的技术水平得到了极大的提升,这是与市场需求相适应的。针对不同的产品,冷库温度要求是多样的,所以,冷库的技术装备水平和安装、运行、维护管理水平在近几年得到了大幅度提升。与此同时,冷库设备的维护难度和安全管理也更加复杂,更加重要。

我国冷库行业的发展有两个显著特点:一是社会需求持续增长;二是新技术、新设备的应用和更新不断加快。这意味着今后需要大量的掌握新技术、新设备的冷库安装、调试、运行操作、维护保养、故障排除与检修技能人员。

为满足社会需求,我们以国家冷库安装施工相关规范、2009年修订的《制冷工》国家职业标准等为依据,以职业资格证书、上岗培训和职业技能鉴定考核要求为尺度,以满足本职业对从业人员的要求为目标,并结合国内大、中型冷库的技术特点和培训的实际情况编写了本书,作为冷库安装、运行与维修的培训教材。本书从强化培养操作技能角度出发,详细介绍了冷库安装、运行与维修实用技术,内容包括:冷库的相关基础知识,常用仪表、工具及设备,冷库制冷系统的安装、调试、运行操作与调整、故障分析与排除、维护保养与检修。

本书在编写中不刻意强调知识的系统性、理论性和完整性,而是根据冷库安装、运行与维修相关职业的工作特点,从掌握实用操作技能、能力培养为根本出发点,基本理论部分以必需和够用为原则,注重知识与技能的联系。

本书在强调实用性、典型性,注重实际操作技能的同时,充分重视内容的先进性,尽可能地反映与冷库安装、运行及维修关联的新标准、新材料、新技术、新工艺、新设

备、新方法的应用和发展。

本书可适用于相关企业、教育、劳动社会保障系统，以及其他培训机构或社会力量办学所举办的冷库安装、运行与维修培训教学，也适用于各级职业院校学生掌握冷库安装、运行与维修技能实训教学所需。本书还可供从事冷库技术工作的管理人员和技术人员参考使用。

本书是江苏省高等教育教学改革研究课题“高职制冷专业实践教学体系与实践教学基地建设的研究”成果之一，得到了江苏省教育厅的大力支持。

本书由魏龙担任主编，张国东担任副主编。编写分工如下：第1章涂中强，第2章房桂芳，第3章张国东，第4、5、7章魏龙，第6章金良。全书由曾焕平主审。本书在编写过程中，得到了戴路玲、蒋李斌、刘其和、冯飞、张蕾、王湘仁、李强、黄建、常新中、滕文锐、魏文彬等的大力帮助，在此一并表示感谢。

因编者水平所限，书中不足之处在所难免，敬请同行和读者予以批评指正。

编者

涂中强、房桂芳、张国东、魏龙、金良、曾焕平、戴路玲、蒋李斌、刘其和、冯飞、张蕾、王湘仁、李强、黄建、常新中、滕文锐、魏文彬

本书在编写过程中，得到了戴路玲、蒋李斌、刘其和、冯飞、张蕾、王湘仁、李强、黄建、常新中、滕文锐、魏文彬等的大力帮助，在此一并表示感谢。

因编者水平所限，书中不足之处在所难免，敬请同行和读者予以批评指正。

编者

涂中强、房桂芳、张国东、魏龙、金良、曾焕平、戴路玲、蒋李斌、刘其和、冯飞、张蕾、王湘仁、李强、黄建、常新中、滕文锐、魏文彬

本书在编写过程中，得到了戴路玲、蒋李斌、刘其和、冯飞、张蕾、王湘仁、李强、黄建、常新中、滕文锐、魏文彬等的大力帮助，在此一并表示感谢。

因编者水平所限，书中不足之处在所难免，敬请同行和读者予以批评指正。

编者

涂中强、房桂芳、张国东、魏龙、金良、曾焕平、戴路玲、蒋李斌、刘其和、冯飞、张蕾、王湘仁、李强、黄建、常新中、滕文锐、魏文彬



目录

CONTENTS

第1章 冷库简介

1

1.1 食品冷藏与冷加工	1
1.1.1 冷藏链	1
1.1.2 食品低温冷藏保鲜原理	1
1.1.3 食品冷加工	2
1.1.4 食品安全	5
1.2 冷库的分类	7
1.3 土建冷库	9
1.3.1 冷库围护结构	9
1.3.2 冷库制冷系统	11
1.3.3 管道和设备的保温	12
1.4 装配式冷库	13
1.4.1 围护结构	14
1.4.2 制冷系统	16
1.5 气调式冷藏库	16
1.5.1 气调储藏原理及特点	16
1.5.2 气调库的主要组成及要求	17
1.5.3 气调库相关测试仪器	19
1.5.4 气调库的管理及使用	19

第2章 常用仪表、工具及设备

22

2.1 常用检测仪表	22
2.1.1 万用表	22
2.1.2 绝缘电阻表	26
2.1.3 钳形电流表	28
2.1.4 检漏仪	29
2.1.5 温度计	32
2.1.6 压力真空表	33
2.2 常用钳工工具与量具	33

2.2.1	常用钳工工具	33
2.2.2	常用量具	37
2.3	常用管工工具	41
2.3.1	管钳	41
2.3.2	龙门轧头	41
2.3.3	管子切割机具	42
2.3.4	扩张管器	42
2.3.5	弯管机具	43
2.3.6	管子铰板	45
2.4	专用工具	46
2.4.1	方棒扳手	46
2.4.2	力矩扳手	46
2.4.3	抽真空、定量充灌制冷剂设备	46
2.4.4	复式修理阀	47
2.5	常用吊装机具	48
2.5.1	电动卷扬机	48
2.5.2	倒链	48
2.5.3	钢丝绳	48
2.5.4	起重滑车	49
2.5.5	起吊支架	50
2.5.6	套环、钢丝绳夹头、吊环和卡环	50

第3章 制冷系统的安装

52

3.1	制冷系统安装前的准备工作	52
3.1.1	掌握制冷设备安装的注意事项与特殊性要求	52
3.1.2	了解冷库制冷系统的安装原则	53
3.1.3	熟悉安装工艺流程	53
3.1.4	组织准备	54
3.1.5	工艺准备	56
3.1.6	电气准备	57
3.2	制冷压缩机的安装	57
3.2.1	安装前的检查	57
3.2.2	安装基本要求	58
3.2.3	制冷压缩机的安装	59
3.3	制冷设备的安装	63
3.3.1	安装前的一般要求及注意事项	63
3.3.2	冷凝器的安装	64
3.3.3	蒸发器的安装	66
3.3.4	辅助设备的安装	68

3.3.5	管道及阀门的安装	71
3.3.6	制冷设备和管道的防腐、隔热施工	79
3.3.7	控制元件的安装	84
3.3.8	装配式冷库的装配技术	85

第4章 制冷系统的调试

87

4.1	活塞式压缩制冷系统的调试	87
4.1.1	活塞式制冷压缩机的调试	87
4.1.2	制冷系统的吹扫排污	90
4.1.3	制冷系统的气密性试验	91
4.1.4	制冷系统抽真空试验	95
4.1.5	制冷系统充制冷剂检漏	96
4.1.6	制冷剂的充灌	97
4.1.7	离心式水泵和冷却塔的试运转	101
4.1.8	制冷系统负荷试运转	102
4.2	螺杆式压缩制冷系统的调试	103
4.2.1	调试前的准备	103
4.2.2	制冷剂的充灌	104
4.2.3	制冷系统负荷试运转	105
4.3	冷库降温试生产	105

第5章 制冷系统的运行操作与调整

107

5.1	制冷系统启动方案的确定	107
5.1.1	根据制冷系统的负荷情况确定启动方案	107
5.1.2	根据交接班记录确定启动方案	107
5.2	制冷压缩机的运行操作	108
5.2.1	活塞式制冷压缩机的运行操作	108
5.2.2	螺杆式制冷压缩机的运行操作	114
5.3	其他制冷设备的运行操作	117
5.3.1	高压制冷设备的运行操作	117
5.3.2	中压制冷设备的运行操作	119
5.3.3	制冷设备低压部分的运行操作	119
5.4	制冷系统正常运行时的检查与记录	129
5.4.1	制冷系统运行时的巡视检查	129
5.4.2	制冷系统运行记录的填写	131
5.5	制冷系统紧急停机处理	133
5.5.1	突然停电的紧急停机处理	133
5.5.2	突然断冷却水的紧急停机处理	133

5.5.3	机房发生火灾的紧急停机处理	134
5.5.4	制冷压缩机故障的紧急停机处理	135
5.5.5	其他设备故障的紧急停机处理	135
5.6	冷冻机油的更换	136
5.6.1	冷冻机油的更换指标	136
5.6.2	制冷压缩机的换油和加油操作	137
5.6.3	制冷系统的放油	139
5.7	制冷系统放空气和融霜操作	142
5.7.1	制冷系统的放空气操作	142
5.7.2	蒸发器融霜操作	145
5.8	制冷系统运行参数分析与调整	147
5.8.1	制冷系统运行参数的分析	148
5.8.2	制冷系统运行参数的调整	150
5.8.3	湿冲程的调整	152
5.9	制冷系统的节能调节	153
5.9.1	蒸发温度的变化与制冷量、功耗的关系	153
5.9.2	冷凝温度的变化与制冷量、功耗的关系	154
5.9.3	节能的措施	155
5.10	制冷系统的运行管理与交接班	158
5.10.1	运行管理须知	158
5.10.2	运行管理制度	158
5.10.3	交接班记录表格式	159
5.10.4	交接班的工作内容	161
5.10.5	制冷系统稳定运行时的交接班	163
5.10.6	制冷系统操作调整状态下的交接班	164

第6章 制冷系统的故障分析与排除

166

6.1	制冷系统正常运行的条件和标志	166
6.1.1	制冷系统正常运行的条件	166
6.1.2	制冷系统正常运行的标志	167
6.2	制冷系统故障判断方法与处理程序	168
6.2.1	故障判断方法	168
6.2.2	故障处理的基本程序	169
6.3	制冷压缩机的故障分析与排除方法	172
6.3.1	活塞式制冷压缩机的故障分析与排除方法	173
6.3.2	螺杆式制冷压缩机的故障分析与排除方法	175
6.4	制冷系统常见故障的分析与排除方法	176
6.4.1	氨制冷系统常见故障的分析与排除方法	177
6.4.2	氟里昂制冷系统常见故障的分析与排除方法	182

6.5	控制部分常见故障的分析与排除·····	183
6.6	冷却水系统常见故障的分析与排除·····	185

第7章 制冷系统的维护保养与检修

187

7.1	制冷系统的维护保养·····	187
7.1.1	活塞式制冷压缩机的维护保养·····	187
7.1.2	螺杆式制冷机组的维护保养·····	190
7.1.3	蒸发器、冷凝器的维护保养·····	191
7.1.4	制冷系统中阀件的使用与维护·····	195
7.1.5	水泵的维护保养·····	196
7.1.6	冷却塔的维护保养·····	197
7.2	制冷系统检修前对制冷剂的处理·····	197
7.2.1	氨制冷设备中制冷剂的处理方法·····	198
7.2.2	氟里昂制冷设备中制冷剂的处理方法·····	199
7.2.3	处理制冷剂时的注意事项·····	200
7.3	制冷压缩机的检修·····	200
7.3.1	检修的目的、内容和准备工作·····	201
7.3.2	零件损伤的原因及磨损规律·····	202
7.3.3	磨损零件的修复原则及修理方法·····	204
7.3.4	配合部件拆装基本工艺·····	204
7.3.5	活塞式制冷压缩机的检修·····	209
7.3.6	螺杆式制冷压缩机的检修·····	230
7.4	其他制冷设备的检修·····	235
7.4.1	制冷设备检修的时间与内容·····	236
7.4.2	冷凝器、蒸发器的检修·····	236
7.4.3	其他设备和系统管道的检修·····	238
7.4.4	制冷系统中阀件的检修·····	239
7.4.5	泵与风机的检修·····	241

参考文献

244

第1章 冷库简介

○ 1.1 食品冷藏与冷加工

1.1.1 冷藏链

食品是人类赖以生存的物质基础，要确保食品的连续供给就必须进行储存。由于食品中含有人们必需的营养成分，如蛋白质、糖和脂肪等，这些物质极易被微生物利用，作为其生长和繁殖的能量保证，因此食品很容易腐败变质。外界因素，如光照、空气流动、氧气等也会引起食品的水分流失、颜色改变及味道变化，因而使食品的品质降低。将食品在低温下保存就可以抑制微生物的生长与繁殖，缓解干燥和氧化作用。

冷藏的目的在于保持食品的鲜度，而鲜度的保持依赖于适宜的储藏温度。冻结食品的品质保持与食品温度有直接关系，食品温度越低，品质降低的速度就慢。因此，冻结食品生产出来以后，为了尽量不降低其优良品质，必须在从生产者到消费者之间的所有环节都维持低温，用低温链把各个环节连接起来。也就是说，食品不仅在生产地、消费地要冻结冷藏，而且在生产地到消费地之间的运输及消费地冷藏库与销售店之间的运输都必须保持低温。这种从生产到消费的各个环节，连续不断采用低温的方法来保存食品的体系就叫做冷藏链。冷藏链的基本组成如图 1-1 所示。

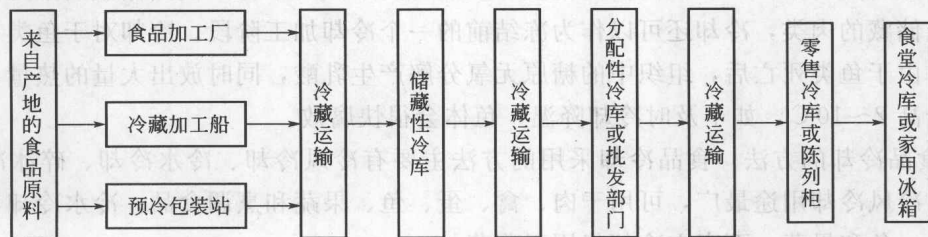


图 1-1 食品冷藏链组成图

1.1.2 食品低温冷藏保鲜原理

食品的腐败变质主要是由微生物的生命活动和食品中的酶所进行的生物化学反应造成的。如畜、禽、鱼等动物类食品，在储藏时它们的生物体与构成它们的细胞都已死亡，不能控制引起食品变质的酶的作用，也不能抵抗引起食品腐败的微生物的作用，对细菌的抵抗力很弱，一旦被细菌感染，就会造成食品的腐败。微生物的繁殖以及酶的作用需要有适当的温

度和水分条件,环境不适宜,微生物就会停止繁殖,甚至死亡,酶也会丧失催化能力,甚至被破坏。另外,氧化等反应速度也与温度有关,温度降低,化学反应显著减慢。如果把动物类食品放在低温条件下,则微生物和酶对食品的作用就变得很微小了。当食品冻结时,生成的冰结晶使微生物细胞受到破坏,微生物便丧失活力而不能繁殖,酶的作用也受到严重抑制,食品的化学变化就会变慢,在这种条件下长时间储藏的食品就不会腐败变质。这就是食品低温保鲜的原理。

植物类食品腐烂的原因多来自于呼吸作用,水果、蔬菜采摘后虽然不再继续生长,但它仍是一个有生命的有机体,并具有呼吸作用,呼吸作用能抵抗细菌的入侵。如呼吸中的氧化作用可把微生物分泌的水解酶氧化而变成无害物质,使水果、蔬菜的细胞不受毒害,从而阻止微生物的侵入。但水果、蔬菜作为活体却不能像采摘前从母株上得到水分和其他营养物质,只能消耗自身的营养成分,这样就会逐渐衰老而变成死体。因此,要长期储藏植物类食品,就必须维持它们的活体状态,同时又要减弱其呼吸作用。低温保存是减弱水果和蔬菜类食品呼吸作用的有效方法,且可延长储藏期。但温度不可过低,因为过低的温度会引起植物类食品的生理病害,甚至被冻死。植物类食品的储藏温度应选择在接近冰点但又不致使植物冻死的温度。如能同时调节空气中氧、二氧化碳和氮的比例,便可取得更好的储藏效果。改变空气成分的储藏叫气调储藏(CA储藏),气调储藏已广泛应用于水果和蔬菜的储藏。

1.1.3 食品冷加工

食品的冷加工是指采用人工的办法提供一个低温环境,将食品温度降低到设定温度后,使之长期处于设定低温状态的加工方法。食品冷加工一般包括冷却、冻结、冷藏和升温解冻四个方面。

(1) 食品的冷却

① 食品冷却的目的和温度范围 食品的冷却是将食品的温度降低到一定的温度(0°C 左右),但不低于其冻结点,其基本目的是延长食品储藏期限。

对于植物性食品,冷却可以消除田间热,抑制果蔬的呼吸作用,减弱表面水分的蒸发,使食品的新鲜度得到很好地保持。对于动物性食品,一般冷却到 $0\sim 4^{\circ}\text{C}$,可以抑制微生物的活动,减弱酶的活性,延长肉类的僵直和成熟时间,减弱干耗,使其储藏期限延长。对于需要冻结储藏的肉类,冷却还可以作为冻结前的一个冷却加工阶段。冷却对于鱼类有更重要的意义,由于鱼类死亡后,组织中的糖原无氧分解产生乳酸,同时放出大量的热量,会使鱼体温度升高 $2\sim 10^{\circ}\text{C}$,如不及时冷却降温,鱼体会很快腐败。

② 食品冷却的方法 食品冷却采用的方法主要有冷风冷却、冷水冷却、碎冰冷却和真空冷却。冷风冷却用途最广,可用于肉、禽、蛋、鱼、果蔬和烹调食品;冷水冷却和碎冰冷却用于禽、鱼和果蔬;而真空冷却仅用于蔬菜。

a. 冷风冷却 用冷风机作为冷却设备,利用流动的冷空气与食品接触来吸收热量,使食品温度降低的冷却方法。这种方法在我国被广泛采用,几乎所有食品都适用。冷风冷却的缺点是当室内湿度较低且风速较高时,被冷却食品的干耗较大。

b. 冷水冷却 通过低温水把被冷却的食品冷却到指定的温度。冷水冷却主要有3种形式,即浸渍式、洒水冷却和降水冷却。浸渍式是把被冷却食品浸在冷水中,冷水由搅拌器搅动,不断冲刷食品表面,使其冷却;洒水冷却是由装在被冷却食品上方的喷嘴不断地将有压力的冷水喷洒在食品上,使其冷却;降水冷却多用于水果产地在水果采摘后的迅速处理,当

被冷却的水果随传送带移动时,水盘均匀地洒水至水果表面。

冷水冷却比冷风冷却速度快,且无干耗,并可实现连续加工;缺点是冷却水易引起细菌在被冷却物之间的交叉感染,从而影响食品质量。

c. 碎冰冷却 碎冰冷却在生产性冷库中使用很少,应用的场所主要集中在冷藏运输车、果蔬销售终端等,而应用的对象一般为水产品。碎冰冷却方法有碎冰直接冷却、冰水混合物冷却、冰盐混合物冷却和冷海水冷却。

冰是一种很好的冷却介质,具有冷却能力强、无害、便宜和便携等特点。当冰与被冷却食品接触时,冰融化要放出 334kJ/kg 的冷量。冰可使水产品冷却、湿润、富有光泽,而且可防止被冷却物的干耗,故各国至今将这种传统冷却保鲜方法仍然放在极重要的地位,是鲜水产品冷藏运输中使用最普遍的方法。

d. 真空冷却 又称减压冷却,是利用水分蒸发吸收热量的原理。水在不同的压力下有不同的沸点,在 101kPa 压力下的沸点是 100°C ,当压力降至 0.67kPa 时,其沸点变为 1°C 。真空冷却就是根据此原理设计的,其装置如图 1-2 所示。

真空冷却多用于蔬菜的快速冷却。将蔬菜放入打孔的纸板或纤维板箱内,然后放在冷却槽内,关闭槽门,启动真空泵和制冷机,当真空冷却槽内的压力降至 0.67kPa 时,蔬菜内的水分在 1°C 的低温下迅速汽化。水汽化时需吸收 2254kJ/kg 的汽化热,由于水分的蒸发带走蔬菜本身的大量热量,使其温度迅速下降至 1°C 。由于冷却速度快,冷却时间只需 $20\sim 30\text{min}$,水分蒸发量也只有 $2\%\sim 4\%$,因此不会影响蔬菜的外观。真空冷却是目前一种最快的冷却方法,但由于装置成本高,少量使用时不经济,一般都是用于蔬菜产地大量收获后的运输途中。

真空冷却装置中的制冷设备,使从蔬菜中蒸发出的水蒸气重新冷凝,从而确保真空冷却槽内稳定的真空度。

(2) 食品的冻结

使食品的温度降低并使其中的水分由液体变成固体的过程,叫做食品的冻结。它与食品冷却的区别,在于食品中的水分有无发生结冰的现象,而不是有无温度的变化。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,会引起冰点下降。故随着结冰水的增加,其冰点也在不断下降。对于大多数食品,当温度降至 $-5\sim -3^\circ\text{C}$ 时,有 80% 的水分被冻结成冰,这一温度区间叫最大冰晶生成带。要使食品中的水分全部冻结成冰,需要将冻结食品的温度降至 $-20\sim -15^\circ\text{C}$ 之间,这对大多数食品来说,已有 90% 以上的水分结成了冰。冻结食品的主要特征是液体水凝固,体积增加,物质变硬(甚至是坚硬)。

食品的冻结按食品的冻结程度可分为微冻(-4°C)、冻结($-12\sim -10^\circ\text{C}$)和深冻(-18°C 以下)。按冻结速度可分为慢速冻结(冻结速度为 $0.1\sim 1\text{cm/h}$)、中速冻结(冻结速度为 $1\sim 5\text{cm/h}$)和快速冻结(冻结速度大于等于 $5\sim 20\text{cm/h}$)。食品的冻结方法有以下几种。

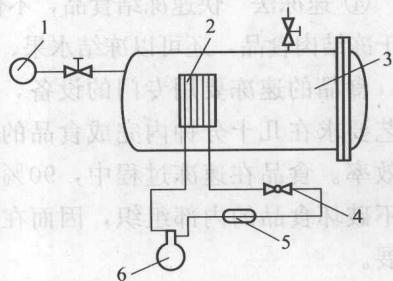


图 1-2 真空冷却装置

1—真空泵;2—冷却器;3—真空冷却槽;
4—膨胀阀;5—冷凝器;6—压缩机

① 空气自然对流直接冻结法 即在冻结间设墙排管或顶排管,利用空气的自然对流到食品进行冻结。为了提高排管的传热系数,可在库内设轴流风机,以适当加快库内空气的运动速度。当库温为 -23°C 时,冻结时间一般需48~72h。这种冻结方法,时间较长。目前仅用于小型冻结间。

② 空气强制对流直接冻结法 即在冻结间内安装落地式或吊顶式冷风机,加速库内空气的流动,增强换热效率。当库温为 -23°C 时,食品的冻结时间为16~20h左右。其冻结速度较快,为目前大中型冷库普遍采用。

③ 半接触式冻结法 在冻结间里安装搁架式排管,把鱼禽肉等食品装在铁盘内,搁在搁架排管上进行冻结。也可配上轴流风机,加快空气的流动速度。由于食品通过铁盘与排管直接接触换热,与空气自然对流直接冻结法相比,加快了冻结速度。当库温为 -23°C 时,冻结时间约为30~40h。这种方法多用于小型冻结室。

④ 速冻法 快速冻结食品,不仅可以缩短冻结时间,还可以有效地提高冻结质量。不仅适用于冻结肉食品,还可以冻结水果、蔬菜和面食,并且具有良好的保鲜度和较长的储藏期。

食品的速冻要用专门的设备,如平板冻结器、螺旋式冻结设备和流态化冻结设备。速冻工艺要求在几十分钟内完成食品的冻结,食品的中心温度达到 -15°C 。速冻装置有很高的换热效率。食品在速冻过程中,90%的水分被快速冻结成均匀分布在食品内的微小的冰晶体,而不破坏食品的内部组织,因而在解冻时具有较好的可逆性。近几年来在国内外得到迅速的发展。

⑤ 液氮冻结法 液氮在标准大气压下的蒸发温度为 -196°C 。利用液氮的这一性质,将液氮直接喷淋在食品上可取得速冻的效果。但液氮价格昂贵,用后不能回收,目前很少应用。

在我国的食物冷藏库中主要应用空气强制对流直接冻结法,并且采用一次冻结工艺,即猪禽等宰杀后不经过冷却,直接送入冻结间进行冻结。其特点是冻结时间短(约为16~20h),耗电量少(每吨肉的耗电量约为 $70\text{kW}\cdot\text{h}$)且节省劳动力。国外有采用二次冻结工艺的,即猪、禽等宰杀后,要先进行一次冷却,再送入冻结间进行冻结。二次冻结工艺的时间约为33~36h,干耗大(一次冻结干耗约为1.5%,二次冻结干耗约为2%),耗电量且需中间搬运食品。

(3) 食品的冷藏

食品经过冷却或冻结,仅将食品降低到指定温度。对于食品来说,只有保证长期稳定地处于指定的低温状态,才能达到食品保鲜的目的。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(或环境),使食品能够长期保持或改善冷却或冻结后的品质,减缓化学变化,延长储藏期。通常将上述的低温空间(或环境)称为冷藏间,用于冷藏冷却食品的叫冷却物冷藏间,用于冷藏冻结食品的叫冻结物冷藏间。

食品的冷藏效果不仅与温度有关,还与冷藏间的湿度、温度波动、空间气流速度、共存品种之间的影响等因素有关。食品的储藏期是指在冷藏间内,当空气的温度和湿度处于某一状态,使食品品质符合指定要求的最长时期。

① 对冻结物冷藏间的要求 冻结物冷藏间的温度必须低于食品冻结温度。在我国,冻结物冷藏间的温度一般为 $-20\sim-18^{\circ}\text{C}$,少数为 $-15\sim-12^{\circ}\text{C}$ 。室内的温度波动幅度不超过 $\pm 1^{\circ}\text{C}$,空气相对湿度为96%~100%。

冻结物冷藏间一般采用自然对流换热的方式,即用冷却排管来保证库房的温度,这样可

以减少干耗。对有包装的冻结食品也可采用冷风机。进入冻结物冷藏间的食品,其中心温度会比库房温度高,但最多不应高于 3°C 。进出货时,库温升高不应超过 4°C 。堆货时应留有通道。

② 对冷却物冷藏间的要求 冷却物冷藏间的温度应略高于食品的冻结温度,一般在 $-2\sim-3^{\circ}\text{C}$ 之间。温度波动幅度不超过 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$,空气相对湿度为 $80\%\sim 95\%$ 。

冷却物冷藏间的冷却设备一般采用冷风机。因为采用排管易导致滴水现象。空气流速控制在 $0.3\sim 0.5\text{m/s}$ 范围内,太低换热效果差,反之干耗大。对果蔬冷库,还要考虑通风换气的热负荷和换气装置。通风换气宜在室内外温差最小的时间进行。当室外气温较高时,宜在夜间进行;当室外气温较低时,宜在下午进行。换气周期和换气量可按设计要求进行,也可根据实际情况确定。当室内有酒精等异味时,应进行通风换气。

冷却物冷藏间在进出货时,库房温度会升高,一般温升不应超过 3°C 。在堆货时,货垛底部应有垫板,货垛中间应设有通道,货物之间要留有一定空间,水果宜用条缝木箱散装,若用纸箱,则要在侧面开洞,以保证空气流动畅通。

(4) 食品的升温和解冻

食品的升温和解冻是冷却和冻结的逆过程。这是食品冷加工全过程的最后一道工序。这一过程的质量,决定着冷加工食品的最终质量。

① 食品的升温 是指冷却食品在表面不结露的情况下,其温度升高到接近周围空气温度的过程。在运输和销售条件较差的情况下,食品的升温显得更加重要。因为当冷库温度比室外温度低于 5°C 时,或是冷却食品的温度低于室外空气露点温度时,食品表面会结露,形成水珠,俗称“出汗”。食品表面结露后,易使微生物生长,也容易引起变质。如鸡蛋发生“出汗”现象后,几天就会腐败变质。

为了防止食品升温时的“出汗”现象,冷却食品出库后,应先在比库温高 $3\sim 5^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度为 $75\%\sim 80\%$ 的环境中升温,然后再每隔 $2\sim 3\text{h}$ 将食品温度升高 1°C ,直到比白天当时温度低 $4\sim 5^{\circ}\text{C}$ 时为止。食品升温可在专门设置的升温间进行,也可在室内穿堂或挑选间进行。

对于出库后仍需要保持较长时间的冷却食品,最好采用保温车运输,而不必进行升温。因为冷却食品升温后,其储藏期只有 $3\sim 5$ 天,有时甚至更短。

② 食品的解冻 是指将冻结食品的升温,使其恢复到冻结前的状态。要使冻结食品完全恢复到冻结前的状态是非常困难的。在解冻过程中,食品会发生物理、化学、微生物学等方面的变化,食品的风味、色泽也会发生变化,如果方法不得当,还易使食品腐败。食品解冻过程中,最常遇到的问题是氧化、微生物污染和汁液损失。在日常生活中,由于不恰当的解冻方法所导致的汁液大量损失,是冷冻食品不受欢迎的重要原因之一。因此应采用正确的解冻方法。

各种食品应按其特点和储藏的要求,选用适宜的温度,即分别采用不同的冷加工工艺。应当指出,虽然冷藏温度越低,其保持质量的储藏期越长,但是冷藏温度过低,不仅会引起投资增加,而且制冷系统运行耗能量大,冷加工成本就高。因此,合理地选择冷藏温度,使之在保持食品质量的条件下,减少投资,降低能耗,应引起足够的重视。

1.1.4 食品安全

随着生活水平的不断提高,人们越来越多的关心食品的质量安全问题,食品安全已成为

社会上的一个热门话题,同时也是目前学术界研究的热点之一。冷冻冷藏食品已经成为人们日常膳食的重要组成部分,由于管理及技术仍存在一些不足之处,食品在冷藏链的各个环节中,其感官品质、营养价值、卫生安全性等各方面均会受到不同程度的影响;因而对食品在流通中的质量监测是十分重要的,这对完善冷藏链和食品质量安全具有重要的意义。

(1) TTT 理论

Arsdel 等人于 1948~1958 年在所做大量实验的基础上,总结出了 TTT 理论:冷冻食品在生产、储藏及流通各个环节中经历的时间(time)和经受的温度(temperature)对其品质的容许限度(tolerance)有决定性影响。具体内容如下。

① 冷冻食品在流通过程中的品质变化主要取决于温度。冷冻食品的品温越低,其优良品质的保持时间越长。大多数冷冻食品的品质稳定性随食品温度的降低而呈指数关系地增大。在 $-10\sim-30^{\circ}\text{C}$ 的冷藏温度范围内,冷冻食品的储藏温度与实用冷藏期之间的关系,基本上是呈倾斜的直线形状,这样的曲线叫 T-TT 曲线。根据 T-TT 曲线的斜率可知道储藏温度对于冷冻食品品质的影响,用温度系数 Q_{10} 表示。比如:在 $-15\sim-25^{\circ}\text{C}$ 的实用冷藏温度范围内, Q_{10} 的值为 2~5。

② 时间-温度的经历对品质的影响。冷冻食品在储藏、运输、销售等流通环节中,因时间-温度的经历而引起的品质降低量是累积的、不可逆的,但与所经历的顺序无关。例如把相同的冷冻食品分别放在两种场合进行储藏:一种是开始放在 -10°C 储藏一个月,然后放在 -25°C 储藏四个月;另一种是开始放在 -25°C 储藏四个月,然后放在 -10°C 储藏一个月,这两种场合分别储藏五个月后,其品质下降量是相等的。

③ 对于大多数冷冻食品来讲, -18°C 是最经济的储藏温度。冷冻食品从生产出来一直到消费者手上,经历了储藏、运输、批发、零售店冷藏、冷冻陈列柜销售等各个环节。从 T-TT 理论可知,冷冻食品在流通过程中的品质变化主要取决于温度。为了使生产出来的优质冷冻食品,其优良品质能一直持续到消费者手上,则必须从生产者到消费者之间流通的所有环节都维持低的品温,都有冷藏设施,有低温的链把各个环节连接起来。运输环节可看作是冻结储藏的延长,需要普及低温运输的冷藏火车、冷藏汽车及冷藏船等设施。由于欧美等发达国家实施和完善了冷藏链,使冷冻食品生产出来后,品温一直可以维持在 -18°C 以下,其优良品质得到很好保持,冷冻食品的消费量逐年上升,有些食品如法式油炸土豆条、比萨饼等还在国际范围内得到流通。我国在上海、北京等大城市中,随着冷冻食品消费量的增加,冷藏链的设施也正在逐步建立和完善。

这样的话,就可运用 TTT 理论计算出在冷藏过程中,食品的品质:冷藏期为 A,食品原来的品质是 1,经过时间 A 后其品质降低至 0,那么在此温度下该冷冻食品每天的品质下降量为 $B=1/A$ 。该冷冻食品各个阶段的品质降低量等于各个温度下每天的品质降低率与此温度下所经历的天数相乘。

也可运用 TTT 理论计算出在冷藏过程中,是否不具备使用价值,过程如下。

① 了解冻藏食品在不同温度 T_i 下的品质保持时间(储藏期) D_i ;然后计算在不同温度下食品物料在单位储藏时间(如 1 天)所造成的品质下降程度 $d_i=1/D_i$;

② 冻藏食品物料在冷藏链中不同环节停留的时间 t_i ,确定冻藏食品物料在冷链各个环节中的品质变化 $(t_i \times d_i)$;

③ 确定冻藏食品物料在整个冷链中的品质变化 $\sum(t_i \times d_i)$ 。 $\sum(t_i \times d_i)=1$ 是允许的储藏期限。当 $\sum(t_i \times d_i) < 1$ 表示仍在允许的储藏期限之内,当 $\sum(t_i \times d_i) > 1$ 表示已超出允许的

储藏期限。

(2) HACCP 在食品安全保障体系中的应用

HACCP 表示危害分析和临界控制点, 确保食品在消费的生产、加工、制造、准备和食用等过程中的安全, 在危害识别、评价和控制方面是一种科学、合理和系统的方法。但不代表健康方面一种不可接受的威胁。识别食品生产过程中可能发生的环节并采取适当的控制措施防止危害的发生。通过对加工过程的每一步进行监视和控制, 从而降低危害发生的概率。

HACCP 并不是新标准, 它是 20 世纪 60 年代由皮尔斯伯公司联合美国国家航空航天局 (NASA) 和美国一家军方实验室 (Natick 地区) 共同制定的, 体系建立的初衷是为太空作业的宇航员提供食品安全方面的保障。近年来, 随着全世界人们对食品安全卫生的日益关注, 食品工业和其消费者已经成为企业申请 HACCP 体系认证的主要推动力。世界范围内食物中毒事件的显著增加激发了经济秩序和食品卫生意识的提高, 在美国、英国、澳大利亚和加拿大等国家, 越来越多的法规和消费者要求将 HACCP 体系的要求变为市场的准入要求。一些组织, 例如美国国家科学院、国家微生物食品标准顾问委员会以及 WHO/FAO 营养法委员会, 一致认为 HACCP 是保障食品安全最有效的管理体系。

在 HACCP 中, 有七条原则作为体系的实施基础, 它们分别如下。

① 进行危害分析——检查食品所涉及的流程, 确定何处会出现与食品接触的生物、化学或物理污染体。

② 确定关键控制点——在所有食品有关的流程中鉴别有可能出现污染体的、并可以预防的临界控制点。

③ 制定预防措施——针对每个临界控制点制定特别措施将污染预防在临界值或容许极限内。

④ 监控——建立流程, 监控每个临界控制点, 鉴别何时临界值未被满足。

⑤ 纠正措施——确定纠正措施以便在监控过程中发现临界值未被满足。

⑥ 确认——建立确保 HACCP 体系有效运作的确认程序。

⑦ 记录——建立并维护一套有效系统将涉及所有程序和针对这些原则的实施记录, 并文件化。

美国食品药品监督管理局的统计数据表明, 在水产加工企业中, 实施 HACCP 体系的企业比没实施的企业食品污染的概率降低了 20% 到 60%。我国也已颁布了相关国家标准 GB/T 24400—2009《食品冷库 HACCP 应用规范》, 并于 2010 年 3 月 1 日开始实施。

○ 1.2 冷库的分类

冷库分类的方法很多, 不同的分类方法可以从不同的角度反映出冷库的特性。目前, 国内的分类方法主要如下。

(1) 按冷库的建筑层数分

冷库按建筑层数分单层冷库和多层冷库, 可反映冷库的建筑结构, 多层冷库需考虑垂直运输问题。

(2) 按建设规模分

冷库的建设规模以冷藏间或冰库的公称体积表示, 即用公称体积的大小表达冷库的建设规模。我国以前习惯用吨位来表征冷库规模, 该方法不仅对冷库工程建设不能起到规范的作