

实用制冷与空调工程手册

第2版

尉迟斌 卢士勋 周祖毅 主编

实用制冷与空调工程手册

第 2 版

主 编 尉迟斌 卢士勋 周祖毅

主笔：陈沛霖 岳孝方 董天禄 陆 震 顾建中 徐世琼
卢士勋 顾安忠 范存养 钱以明 陈芝久 周祖毅
主审：缪道平 林修钺 戴永庆 耿惠彬 邱嘉昌



机械工业出版社

本手册是为了适应我国制冷与空调技术的应用和发展,以高起点阐述制冷与空调的基本理论、最新技术和工程应用实践。内容包括制冷空调技术理论基础、冷库技术、商业制冷和冷藏运输技术、低温技术及应用、空气调节系统与设备、制冷空调中的自动控制、空调节能和冷热源设备等。本手册较全面地反映了国内外制冷与空调技术的最新应用和技术进展,内容丰富新颖,论述深入浅出,是一本实用性很强的工具书。

本手册可供制冷空调专业技术人员阅读使用,也可供大专院校相关专业的师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

实用制冷与空调工程手册/尉迟斌等主编. —2 版
—北京:机械工业出版社, 2010. 11
ISBN 978 - 7 - 111 - 31953 - 5

I. ①实… II. ①尉… III. ①制冷技术 - 手册②空气
调节系统 - 手册 IV. ①TB657 - 62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 183796 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑: 沈 红 蒋有彩 责任编辑: 李建秀

版式设计: 霍永明 责任校对: 姚培新 程俊巧

封面设计: 姚 毅 责任印制: 杨 曦

北京京丰印刷厂印刷

2011 年 1 月第 2 版 · 第 1 次印刷

184mm × 260mm · 75.5 印张 · 10 插页 · 2501 千字

0 001—3 000 册

标准书号: ISBN 978 - 7 - 111 - 31953 - 5

定价: 198.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务 策划编辑: (010) 88379778

社服务中心: (010) 88361066 网络服务

销售一部: (010) 68326294 门户网: <http://www.cmpbook.com>

销售二部: (010) 88379649 教材网: <http://www.cmpedu.com>

读者服务部: (010) 68993821 封面无防伪标均为盗版

谨以此书纪念

**我国制冷-低温专业教育的奠基人
知名教育家夏安世教授诞辰 110 周年**

《实用制冷与空调工程手册》

主编、主审及主笔签字

尉迟斌	林修铎	危存弄
陆震	徐世琬	傅建文
董天禄	朱文天	缪道平
耿志彬	邓建中	陈伟森
岳芳方	钱以明	邱永昌
纪忠	周祖毅	卢坤

《实用制冷与空调工程手册》编委会

主任委员：

谢绳武（上海交通大学校长、教授）

副主任委员：

尉迟斌（上海交通大学制冷工程研究所原所长、教授、上海市制冷学会原理事长，上海市冷冻空调机械工业协会顾问）

舒昌宁（上海市冷冻空调机械工业协会副理事长兼秘书长、高级工程师）

委 员：

卢士勋	华小龙	李发魁	杨化夷	李竹影	杨万枫	王如竹
沈建芳	陆震	陈沛霖	陈芝久	范存养	龙惟定	岳孝方
周祖毅	金伟富	楚人震	耿惠彬	顾安忠	顾建中	钱以明
张旭	张人俊	董天禄	缪道平	潘兆旺	戴永庆	

特聘专家：

姜尔宁（上海第一冷冻机厂原总工程师、上海市制冷学会前副理事长、上海市冷冻空调机械工业协会顾问、研究员级高级工程师）

谢晋康（中国科学院上海技术物理研究所研究员、上海市制冷学会前理事长）

学术秘书：

曹红奋（上海海运学院副教授）

第1版序

随着新世纪的到来,我国制冷空调领域又编撰出一部系统、全面、新颖、实用的《实用制冷与空调工程手册》。该手册全面地阐述了制冷空调技术的基本理论、制冷空调装置与系统的工作原理、工程实用技术数据、自动控制及最新工程实践。书中列举的制冷、空调工程,均系近年来的典型范例。

该手册的编写坚持以实用为主,注意反映国内外最新技术资料和研究成果,并及时充实我国最新技术标准和行业规范,充分体现其先进性。它是我国近年来制冷空调理论研究和工程实践的科学总结,将会进一步推动我国制冷空调技术的应用与发展。

该手册是在上海市冷冻空调机械工业协会和上海市制冷学会支持下,诚邀了上海地区制冷空调学科领域部分享有盛誉,多年从事制冷空调技术研究、教学和设计的专家、教授担任主笔和主审,同时吸收多位优秀中、青年学者参加编写。可以说,该手册的出版凝聚了上海制冷空调界一批知名学者的心血,也是他们几十年来专业技术工作的结晶和精诚合作的体现。

作为《实用制冷与空调工程手册》编委会主任,我对专家、教授们学术上勤奋耕耘的精神和谦虚严谨的学风表示钦佩。值此书稿即将付梓之际,谨向他们致以崇高的敬意和深切的慰问。在此,还应向大力支持这部手册编纂工作和精心编辑出版的机械工业出版社表示衷心的感谢;向在手册编写、审稿、出版过程中给予关心、支持和帮助的单位 and 同仁致以诚挚的谢意。

谨以此书的出版纪念我国制冷—低温专业教育的奠基人、上海市制冷学会首任理事长、知名教育家、上海交通大学夏安世教授诞辰 110 周年。

Handwritten signature of Xie Jiewu in black ink, with the date 2001.1.25 written below it.

(上海交通大学校长 谢绳武教授)

第2版前言

为适应制冷与空调技术的发展和應用，上海市制冷空调工业协会邀集了上海地区高校和设计研究院、所在行业内享有声誉的专家、教授执笔，于2002年由机械工业出版社出版了《实用制冷与空调工程手册》。

《实用制冷与空调工程手册》（简称《手册》）出版后得到国内外制冷空调技术行业的关注和欢迎，并给予良好的肯定和评价。《手册》的出版对我国制冷空调技术的发展应用和学术交流起到了一定的推动作用，也促进了国内制冷空调技术的工程应用水平的提高和学科的进步。

2002年《手册》的出版，适应了近年制冷空调技术进步和工程应用新的形势，虽经出版社多次重印，在国内发行数万册，但仍不能满足全国制冷空调行业的需要。为此，《手册》编著者结合制冷空调新技术的发展进行了修订。经过《手册》编写专家的努力，在原《手册》的基础上增加了近年制冷空调技术发展和应用的新内容，在延续原《手册》内容的表述方式和图示风格基础上，更加充分地反映了制冷空调学科国内外的最新技术成就和进展。

第2版《手册》在编写中，专家教授们集聚了几十年毕生的知识、教学和科研成果，结合近年工程实践和学术研究，选用了更为实用的计算公式和相应的参数图表。在章节安排上，更力求循序渐进、系统全面、层次分明。而在文字阐述上亦力求简练通俗，方便阅读使用。

第2版《手册》在编写中得到了上海冷冻空调工业协会自始至终的关心和支持，上海俊乐制冷空调控制器公司亦给予了有力的支持。参与修订的专家和教授们以极其负责的态度和精益求精的精神，经过近三年的时间完成了新《手册》的编写，以此愿为我国制冷空调界的同行献出一本理论严谨、技术全面且实用的新的《实用制冷与空调工程手册》。

编著者

第1版前言

呈现于读者面前的这本《实用制冷与空调工程手册》，是机械工业出版社于1998年列为选题，邀集上海地区从事制冷、空调技术设计、研究、施工和教学工作多年、积有丰富经验的专家、学者集体撰写的一本专业工具书。

近年来，由于科学技术的迅速发展，特别是在我国实行改革开放政策，国民经济持续增长的形势下，制冷和空调在工业、农业、商业、科学技术以及人民生活各方面的应用都显出蓬勃发展之势，社会上对制冷空调技术知识的需求长盛不衰，相关出版物不断涌现。以工具书而论，全国各地时有新著问世。在此情况下，本书如何确定编写方针才能免于滥竽充数，实在是编者们关注的中心。经过编委会多次讨论，都认为本书应突出技术资料新颖、设计方法成熟，所举实例应均属先进实用，理论水平应均处领先地位，才能达到拾遗补缺的作用，满足读者实际工作的需要。

本书内容除制冷空调的基本理论外，涵盖各种制冷空调装置与系统的工作原理、自动控制、工程应用实例。其中包括食品冷冻、冷藏，商业制冷，冷藏链设备及低温技术，制冷和空调装置的安装调试、运行操作与试验验收等，以便读者能对制冷空调技术获得全面了解，使之成为有实用参考价值的工具书。

在历时三年的制订大纲、收集资料、撰稿审定过程中，国内外制冷空调新产品、新技术、新工程不断涌现，本手册所引用的资料尽力随之更新、补充，力求不因时间的推移而影响资料的先进性。对于一般基础理论的阐述力求简要；凡借助其他书籍、文献能查取的资料、数据，除常用的外，均不求全罗列。

鉴于副主编卢士勋、周祖毅及各位专家、学者的共同努力，使本书得以完成，谨对所有编、审同仁的辛勤工作表示衷心的感谢！

上海市冷冻空调机械工业协会、上海市制冷学会自始至终对本手册的编写予以关心，特别是上海冷协副理事长兼秘书长舒昌宁高级工程师，对本书的顺利出版给予了热情有效的指导。另外，上海一冷开利空调设备有限公司、上海日立电器有限公司、上海合众开利空调设备有限公司、开利冷冻（上海）有限公司、青岛海尔空调器有限公司、上海第一冷冻机厂及上海冷气机厂等，曾为本书的编写提供资料、信息，并给予大力支持，在此一并表示感谢。

本书虽已完稿、出版，但限于编者水平，难免存在错漏之处，竭诚期望广大读者予以指正。



2001年1月

目 录

第1版序

第2版前言

第1版前言

第1篇 制冷与空气调节技术的理论基础

第1章 热力学基础	1	2.3.1 热辐射的基本概念	63
1.1 基本概念和定义	1	2.3.2 斯蒂芬-玻耳兹曼定律	64
1.1.1 工质的基本状态参数	1	2.3.3 辐射换热计算	65
1.1.2 气体状态方程式	3	2.4 传热及换热器	65
1.1.3 热力过程	3	2.4.1 复合换热	65
1.1.4 热量、功和功率	3	2.4.2 传热过程及传热系数	66
1.1.5 比热容、体积热容和摩尔热容	4	2.4.3 传热的增强、削弱和热绝缘	67
1.1.6 物质的状态变化	5	2.4.4 换热器的热计算	68
1.2 热力学基本定律	5	2.5 传质过程基础	70
1.2.1 热力学第一定律、热力学能和 比焓	5	2.5.1 质交换基本概念	70
1.2.2 热力学第二定律及比熵	7	2.5.2 质量浓度与扩散通量	70
1.3 水蒸气及其形成过程	9	2.5.3 斐克定律	70
1.3.1 饱和与非饱和状态	9	2.5.4 扩散系数	70
1.3.2 水蒸气的定压发生过程	9	第3章 流体力学基础	72
1.4 压缩式制冷循环	11	3.1 流体的概念及其性质	72
1.4.1 逆卡诺循环	11	3.1.1 流体的连续性	72
1.4.2 变温热源的逆循环	11	3.1.2 流体的流动性	72
1.4.3 蒸汽压缩式理论制冷循环	12	3.1.3 流体的压缩性和膨胀性	72
1.5 制冷剂和载冷剂	18	3.1.4 流体的粘滞性	72
1.5.1 制冷剂	18	3.2 流动的形态及流动阻力计算	73
1.5.2 载冷剂	46	3.2.1 流动形态	73
1.6 溶液热力学基础	57	3.2.2 流体动力学基本方程	74
1.6.1 溶液的基本概念	57	3.2.3 管道的阻力计算	74
1.6.2 二元溶液的温度-质量分数图 及焓-质量分数图	58	3.2.4 减少流动阻力的措施	78
第2章 传热学基础	61	3.2.5 管道类型	78
2.1 导热	61	3.3 泵与风机	78
2.1.1 导热的基本定律与热导率	61	3.3.1 泵与风机的性能参数和曲线	79
2.1.2 稳态导热	62	3.3.2 泵与风机的相似定律	79
2.2 对流换热	63	3.3.3 泵与风机运行的经济区和 工作点	80
2.2.1 对流换热的基本概念	63	3.3.4 泵与风机的运行调节	80
2.2.2 影响对流换热的因素	63	3.3.5 泵与风机的联合工作	81
2.3 热辐射和辐射换热	63	第4章 空气调节的工作原理和 空调系统的组成	83

4.1 空气调节的原理与分类	83	过程在焓湿图上的表达	96
4.1.1 空气调节的基本原理	83	5.8 两种空气混合过程在焓湿图	
4.1.2 空气调节的分类	83	上的表达	97
4.1.3 常用空调系统的特点及		第6章 空气调节系统热、湿负荷的	
适用条件	84	计算方法	98
4.2 空调系统的组成	85	6.1 计算空调热、湿负荷的目的	98
4.3 空调室内空气设计条件	86	6.2 室内热源造成的热负荷	98
4.3.1 舒适性空调的室内空气		6.2.1 人体散热和散湿	98
设计参数	86	6.2.2 照明灯具的散热	98
4.3.2 工艺性空调的室内空气		6.2.3 用电设备的散热	99
设计参数	88	6.2.4 其他设备的散热	99
第5章 湿空气的性质、参数、焓湿图		6.3 室外热源造成的负荷	99
及其在空调中的应用	90	6.3.1 通过玻璃窗进入室内的	
5.1 湿空气的性质	90	太阳辐射热	99
5.2 湿空气的参数	90	6.3.2 通过外墙和屋顶从室外传进	
5.3 湿空气的焓湿图	93	室内的热量	102
5.4 利用焓湿图确定空气状态	93	6.4 空调房间送风量和送风状态	
5.5 热湿比线在焓湿图上的表达	95	参数的确定	108
5.6 在焓湿图上表示空气的加热和		6.5 送风中的新风量	109
冷却过程	95	6.6 空调负荷概算指标	110
5.7 利用水蒸气或水加湿空气的		参考文献	110

第2篇 蒸气压缩式制冷装置

第7章 压缩机	112	第8章 制冷换热设备	158
7.1 概述	112	8.1 冷凝器	158
7.2 容积型压缩机	112	8.1.1 冷凝器的种类	158
7.3 活塞压缩机	117	8.1.2 水冷式冷凝器	158
7.3.1 小型开启式活塞压缩机	117	8.1.3 空气冷却式冷凝器	162
7.3.2 中型开启式活塞压缩机	118	8.1.4 水和空气联合冷却式冷凝器	165
7.3.3 半封闭式活塞压缩机	120	8.1.5 冷凝器的选择和计算	166
7.3.4 全封闭式活塞压缩机	122	8.2 蒸发器	170
7.3.5 活塞压缩机的应用	125	8.2.1 蒸发器的种类	170
7.4 回转式压缩机	126	8.2.2 水箱型(沉浸式)蒸发器	170
7.4.1 滚动转子压缩机	126	8.2.3 卧式壳管式蒸发器	172
7.4.2 滑片压缩机	129	8.2.4 套管式蒸发器	175
7.4.3 涡旋压缩机	130	8.2.5 板式蒸发器	176
7.4.4 螺杆压缩机	134	8.2.6 翅片式蒸发器	177
7.4.5 单螺杆压缩机	145	8.2.7 蒸发器的选择和计算	178
7.5 速度型压缩机	148	第9章 制冷机组	180
7.5.1 离心压缩机的工作原理	149	9.1 压缩冷凝机组	180
7.5.2 离心压缩机的构造	150	9.1.1 活塞式压缩冷凝机组	180
7.5.3 离心压缩机的性能分析和		9.1.2 涡旋式压缩冷凝机组	183
容量调节	154	9.1.3 螺杆式压缩冷凝机组	184
7.5.4 离心压缩机的使用注意点	156	9.2 液体冷却(加热)机组	186

9.2.1 冷(热)水机组	186	10.2.2 冷却塔的造型	223
9.2.2 盐水机组	195	10.3 冷却塔的制作材料	223
9.3 空气冷却(加热)机组	198	10.4 冷却塔的应用	223
9.3.1 舒适型空调机组	198	10.4.1 冷却塔的安装	223
9.3.2 工艺性空调机组	210	10.4.2 冷却塔的容量控制	224
9.4 低温机组	215	10.5 冷却塔和环境	224
9.4.1 单机和双机两级机组	215	10.5.1 冷却塔的噪声及其控制	224
9.4.2 两级复叠机组	216	10.5.2 冷却塔的结冰及防冻措施	225
9.4.3 自动复叠机组	219	10.6 冷却塔循环冷却水的处理	226
第10章 冷却塔	220	10.6.1 循环冷却水的水质要求及 存在问题	226
10.1 概述	220	10.6.2 循环冷却水系统的清洁和 预膜处理	226
10.1.1 冷却塔的作用	220	10.6.3 循环冷却水的水质处理	226
10.1.2 水的冷却原理	220	参考文献	227
10.1.3 冷却塔的类型	221		
10.2 冷却塔的设计工况和选型	223		
10.2.1 冷却塔的设计工况	223		
第3篇 吸收式制冷技术及应用			
第11章 吸收式制冷技术的发展 与应用	230	13.2.2 双效蒸汽型溴化锂吸收式 冷水机组的循环流程	250
11.1 吸收式制冷技术的发展	230	13.3 直燃型溴化锂吸收式冷热水机组	256
11.2 吸收式机组的种类	232	13.3.1 热水和冷水采用同一回路的 直燃型冷热水机组	257
第12章 吸收式机组的工质对	234	13.3.2 专设热水回路的直燃型 冷热水机组	257
12.1 对吸收式机组工质对的要求	234	13.4 热水型溴化锂吸收式冷水机组	260
12.2 溴化锂溶液	235	13.4.1 二段热水型冷水机组	260
12.2.1 溴化锂溶液的一般性质	235	13.4.2 二级热水型冷水机组	261
12.2.2 溴化锂溶液的性能参数	235	13.5 溴化锂吸收式热泵机组	262
12.2.3 溴化锂溶液的腐蚀性及其 缓蚀剂	240	13.5.1 第一类溴化锂吸收式 热泵机组	262
12.2.4 溴化锂溶液的表面活性剂	242	13.5.2 第二类溴化锂吸收式 热泵机组	264
12.3 氨水溶液	243	13.6 多效溴化锂吸收式机组	265
12.3.1 氨及其溶液的一般性质	243	13.7 烟气型溴化锂吸收式机组	266
12.3.2 氨水溶液的性能参数	243	13.7.1 烟气型溴化锂冷热水机组	266
12.4 其他工质对	246	13.7.2 烟气热水型溴化锂冷热水 机组	267
第13章 溴化锂吸收式机组的 工作原理	247	13.7.3 补燃型溴化锂吸收式机组	268
13.1 溴化锂吸收式制冷、制热和 热泵循环	247	13.7.4 单、双效复合型溴化锂吸 收式机组	268
13.1.1 溴化锂吸收式制冷循环	247	13.8 高效型双效溴化锂吸收式机组	269
13.1.2 溴化锂吸收式制热循环	248		
13.1.3 溴化锂吸收式热泵循环	249	第14章 氨吸收式机组的工作 原理及应用	271
13.2 单、双效溴化锂吸收式冷水机组	249	14.1 单级氨吸收式制冷机组	271
13.2.1 单效蒸汽型溴化锂吸收式冷水 机组的循环流程	249		

14.1.1 单级氨吸收式制冷机组的 工作原理	271	热力和传热计算举例	291
14.1.2 精馏	274	15.2 串联流程双效溴化锂吸收式 冷水机组的热力计算	292
14.1.3 单级氨吸收式制冷机组的 型式和应用	275	15.2.1 设计条件、循环流程和状态 点参数的确定	292
14.2 二级氨吸收式制冷机组	277	15.2.2 各个换热设备的热负荷计算	294
14.2.1 二级氨吸收式制冷机组的 选用原则	277	15.3 氨吸收式制冷机组的设计计算	295
14.2.2 二级氨吸收式制冷机组的 工作原理	278	15.3.1 单级氨吸收式制冷机组的 热力计算	295
14.2.3 提高氨吸收式制冷机组 效率的途径	278	15.3.2 二级氨吸收式制冷机组的 热力计算	298
14.3 扩散-吸收式制冷机	279	第 16 章 吸收式制冷机组的结构	299
14.4 小型燃气氨吸收式空调机组	280	16.1 溴化锂吸收式机组的结构	299
14.5 新型氨吸收式制冷机组	281	16.1.1 蒸汽型吸收式冷水机组的 主要部件和结构	299
14.6 高效 GAX 回热循环氨吸收 式机组	282	16.1.2 直燃型吸收式冷热水机组 的结构	303
第 15 章 吸收式机组的设计计算	285	16.1.3 溴化锂吸收式冷水机组主要 部件的结构	305
15.1 单效溴化锂吸收式冷水机组的 设计计算	285	16.1.4 溴化锂吸收式机组的自动 抽气装置	312
15.1.1 单效溴化锂吸收式冷水机组的 热力计算	286	16.2 氨吸收式机组的结构	313
15.1.2 单效溴化锂吸收式冷水机组的 传热计算	289	16.2.1 精馏塔	313
15.1.3 设计计算的优化	290	16.2.2 吸收器	318
15.1.4 单效溴化锂吸收式冷水机组的		参考文献	321

第 4 篇 冷库及食品冷藏工艺与设备

第 17 章 冷库类型、组成及 容量确定	324	18.4 冷库围护结构隔热层的计算	333
17.1 冷库的类型与组成	324	18.5 冷库围护结构隔热、防潮材料	335
17.1.1 冷库的类型	324	18.5.1 冷库围护结构用隔热材料 及选择	335
17.1.2 冷库的组成	324	18.5.2 冷库围护结构用防潮材料 及选择	337
17.2 冷库冷加工能力和冷间容量	326	第 19 章 冷库热负荷计算	339
17.2.1 冷却间、冻结间的 冷加工能力	326	19.1 冷却设备负荷和机械 负荷的计算	339
17.2.2 冷藏间、贮冰间的容量	326	19.1.1 冷间冷却设备负荷	339
17.3 冷库各冷间制冷的一般要求	327	19.1.2 冷间机械负荷	339
第 18 章 冷库结构及其建筑热工	329	19.2 冷间各类热流量计算	341
18.1 冷库的结构	329	19.2.1 围护结构热流量	341
18.2 冷库的隔热、防潮	330	19.2.2 货物热流量	343
18.2.1 传统冷库的隔热、防潮	330	19.2.3 通风换气热流量	344
18.2.2 装配式冷库的隔热、防潮	331	19.2.4 电动机运转热流量	344
18.3 冷库地坪结构的防冻处理	331		

19.2.5 操作热流量	344	23.1.1 食品冻结方法	393
19.3 各类冷间热负荷的经验 数据图和表	345	23.1.2 鼓风式冻结装置	393
19.4 冷库节能概要	348	23.1.3 流态化冻结装置	396
第 20 章 冷库制冷系统及制冷 设备选择	350	23.1.4 接触式冻结装置	397
20.1 冷库制冷系统	350	23.1.5 液氮喷淋式冻结装置	398
20.1.1 冷库制冷系统分类	350	23.1.6 各种冻结装置的选用	399
20.1.2 冷库制冷系统的选择和 管路设计要求	351	23.2 食品的解冻与设备	400
20.2 冷库制冷设备的选择	352	23.2.1 空气解冻	400
20.2.1 制冷压缩机的选择	352	23.2.2 水解冻	401
20.2.2 冷库制冷系统常用辅助 设备的选择	353	23.2.3 水蒸气减压解冻	402
20.3 冷库制冷设备和管道的隔热	361	23.2.4 电解冻	402
20.3.1 制冷设备和管道隔热层 厚度的确定	361	23.2.5 其他解冻方法	404
20.3.2 制冷设备和管道隔热设施	364	23.3 食品真空冷冻干燥	404
20.4 冷库载冷剂系统及设备的 选择	365	23.3.1 食品真空冷冻干燥的原理 和工艺	404
第 21 章 冷库的配套设施	367	23.3.2 食品真空冷冻干燥设备	405
21.1 冷库门	367	第 24 章 食品冷却、气调贮藏 与设备	408
21.1.1 冷库门的基本要求	367	24.1 食品的冷却与设备	408
21.1.2 冷库门的分类及特点	367	24.1.1 食品真空冷却的原理与设备	408
21.1.3 冷库门的典型结构	367	24.1.2 空气冷却方式及其装置	409
21.2 冷库开门防冷量损失的设施	371	24.1.3 冷水冷却及其设备	411
21.3 库内运输和贮存设施	374	24.2 果蔬的气调贮藏与设备	411
第 22 章 食品冷加工技术	378	24.2.1 气调贮藏的原理与气调调节 的方式	411
22.1 食品冷加工原理	378	24.2.2 主要气调设备	413
22.2 食品冷藏条件	379	24.3 气调库气密性要求及保证 气密性的措施	419
22.3 食品的热物理特性	382	24.4 气调库的操作管理	421
22.4 果蔬的呼吸热与蒸发作用	389	第 25 章 冷库工程实例	425
22.5 食品冻结时间的计算	391	25.1 万吨级冷库实例	425
第 23 章 食品冻结、解冻与设备	393	25.2 4000t 装配式冷库实例	428
23.1 食品的冻结与冻结设备	393	25.3 800t 果蔬气调保鲜库实例	431
		参考文献	433

第 5 篇 商业制冷与冷藏运输设备

第 26 章 商业用冷柜	436	26.3.1 冷藏、冷冻柜的结构	439
26.1 商业用冷柜的分类、结构 型式和基本参数	436	26.3.2 冷藏、冷冻柜的应用	440
26.2 商业冷柜的技术条件	437	26.4 商业冷藏、冷冻陈列柜	443
26.2.1 冷柜的名词术语	437	26.4.1 商业冷藏、冷冻陈列柜的 基本类型	443
26.2.2 冷柜的技术要求	438	26.4.2 商业冷藏、冷冻陈列柜的 结构及应用	445
26.3 冷藏、冷冻柜的结构及应用	439		

26.5 商业陈列柜的制冷系统	449	28.3.1 电冰箱的基本结构	482
26.5.1 内藏制冷机组式陈列柜	449	28.3.2 电冰箱的制冷系统	485
26.5.2 外置制冷机组式陈列柜	449	28.4 家用电冰箱典型产品举例	488
26.5.3 商业陈列柜的冷却方式	449	第29章 冷藏运输技术与设备	496
26.6 商业冷柜用制冷机组	450	29.1 食品冷藏链及条件	496
26.7 商业冷柜技术发展及典型 产品举例	453	29.1.1 食品冷藏链	496
第27章 商业制冰设备	464	29.1.2 实现食品冷藏链的条件	496
27.1 人造冰的制取分类	464	29.1.3 食品冷藏运输设备的 技术要求	497
27.2 盐水间接冷却制冰	464	29.2 铁路冷藏(保温)车	497
27.2.1 盐水制冰系统的组成和 工艺流程	465	29.2.1 加冰铁路冷藏车	497
27.2.2 制冰间各主要设备的功能	465	29.2.2 铁路机械冷藏车	498
27.2.3 对制冰池内盐水的要求	468	29.3 公路冷藏汽车	505
27.2.4 盐水制冰热负荷的计算	469	29.3.1 冷藏汽车的分类	506
27.3 制冷剂直接蒸发冷却制冰	469	29.3.2 机械冷藏汽车	506
27.3.1 管冰机和壳冰机	469	29.3.3 机械冷藏挂车	510
27.3.2 片冰机、板冰机及冰晶 冰制冰机	471	29.3.4 液氮冷藏汽车	511
27.3.3 商用制冰机	474	29.3.5 冷冻板冷藏汽车	511
第28章 家用冷冻、冷藏设备	479	29.4 冷藏船及船舶冷藏货舱	512
28.1 家用电冰箱的分类和参数	479	29.4.1 船舶冷藏货舱	512
28.1.1 电冰箱的分类	479	29.4.2 船舶伙食冷库	514
28.1.2 电冰箱的基本参数	480	29.4.3 海上渔船制冷设备	516
28.2 电冰箱的技术条件	480	29.5 冷藏集装箱	517
28.2.1 电冰箱的性能要求	480	29.5.1 冷藏集装箱的基本类型	517
28.2.2 电冰箱的结构要求	480	29.5.2 外置式机械冷藏集装箱	518
28.2.3 电冰箱中的新技术应用	482	29.5.3 内藏式机械冷藏集装箱	519
28.3 电冰箱的结构与制冷系统	482	29.5.4 冷藏集装箱中新技术的应用	523
		参考文献	524

第6篇 低温技术及应用

第30章 低温技术基础	526	31.1.2 气体液化理想和理论系统	534
30.1 低温工质的性质	526	31.2 以节流为基础的气体液化系统	535
30.1.1 低温工质的种类及其 热力性质	526	31.3 以等熵膨胀和气体节流为基础的 气体液化系统	538
30.1.2 空气及其组成气体的性质	526	31.4 换热器效率对系统性能的影响	540
30.1.3 氢、氦的性质	528	31.5 压缩机和膨胀机效率对系统 性能的影响	540
30.2 低温的产生	531	31.6 外界漏热对系统性能的影响	541
30.2.1 焦耳-汤姆逊效应	531	31.7 各种液化系统的性能比较	541
30.2.2 绝热膨胀	532	31.8 氢液化器中正氢-仲氢转换	541
30.2.3 绝热放气	533	第32章 低温制冷机	543
第31章 气体液化系统	534	32.1 低温制冷机的应用与分类	543
31.1 基本概念	534	32.2 节流循环低温制冷机	544
31.1.1 系统的性能参数	534		

32.3 斯特林低温制冷机	545	33.4 低温液体贮运设备材料与 制造工艺	574
32.4 维勒米尔 (VM) 低温制冷机	547	33.5 低温液体贮运设备的使用与维护	580
32.5 G-M 低温制冷机	548	33.6 低温液体贮运设备的有关附件	585
32.6 脉管低温制冷机	548	第 34 章 低温技术的应用举例	592
32.7 热声低温制冷机	551	34.1 低温技术在高能粒子加速 器中的应用	592
32.8 其他型式低温制冷机	552	34.2 低温技术在高能粒子探测 器中的应用	594
第 33 章 低温液体的贮存和输送	556	34.3 低温技术在核聚变装置中 的应用	595
33.1 概述	556	第 6 篇附录	597
33.2 低温液体贮运设备型式及其 技术参数	557	附录 A 低温工质饱和和液体性质	597
33.2.1 低温液体贮运设备主要 技术参数	557	附录 B 气体性质	600
33.2.2 小型低温液体贮存容器	558	附录 C 低温工质热力图	602
33.2.3 低温液体贮槽	560	参考文献	611
33.2.4 低温液体贮运槽车	563		
33.3 低温液体贮运设备的绝热	564		
		第 7 篇 空气调节设备与系统	
第 35 章 空气处理设备	614	36.3 普通集中式空调系统	641
35.1 空气热湿处理的途径和设备	614	36.3.1 系统型式和处理过程	641
35.2 表面式空气换热器	614	36.3.2 一次回风和二次回风方式的 选定	642
35.2.1 表面式换热器的构造与 安装	615	36.3.3 新风量的确定	642
35.2.2 表面式冷却器的热工计算和 压力损失计算	615	36.4 集中式空调系统的划分和 分区处理	644
35.2.3 空气加热器的热工计算和 压力损失计算	621	36.4.1 系统划分	644
35.3 喷水室	622	36.4.2 集中式空调系统的分区 处理	645
35.3.1 喷水室的构造和类型	622	36.4.3 全空气系统计算实例	646
35.3.2 喷水室的热工计算	624	36.5 变风量空调系统	647
35.4 空气加湿设备	625	36.5.1 变风量系统与定风量的 区别	647
35.5 空气除湿设备	628	36.5.2 变风量末端装置分类	648
35.5.1 常用空气除湿装置	628	36.5.3 单风道节流型变风量系统	649
35.5.2 各种除湿方法的比较	630	36.5.4 用末端风机动力箱的一次风 变风量系统	651
35.5.3 除湿设备的选择计算	630	36.5.5 变风量系统计算例	653
35.5.4 吸湿型复合空调装置	632	36.6 半集中式空调系统	654
35.6 空气热、湿处理的其他设备	633	36.6.1 半集中式空调系统的分类	654
35.6.1 电加热器	633	36.6.2 风机盘管系统	655
35.6.2 蒸发冷却器	634	36.6.3 诱导器系统	661
35.7 空气净化设备	635	36.6.4 辐射板空调系统	665
35.8 空气综合处理设备——空调箱	635	36.7 分散式空调系统	667
第 36 章 空气调节系统	637	36.7.1 局部空调机组	667
36.1 空气调节系统的分类	637		
36.2 常用空调系统的比较和适用性	640		

36.7.2 变制冷剂流量的多联分 体机系统	672	38.3.1 管道的摩擦阻力损失	726
36.7.3 水环热泵空调系统	676	38.3.2 水泵扬程	729
第37章 空气的输送和分配	680	38.4 凝结水管路系统的设计	730
37.1 风管材料、断面、配件的 选用原则	680	38.5 水系统的设备和附件	730
37.2 风管内风速的选定	681	38.5.1 冷却塔	730
37.3 风管系统的设计计算	681	38.5.2 水泵的配管	730
37.3.1 矩形风道沿程摩擦阻力 计算	681	38.5.3 膨胀水箱	731
37.3.2 风管局部阻力计算	682	38.5.4 分水器和集水器	732
37.3.3 风道计算例题	684	38.5.5 过滤器	732
37.4 通风机的选定和管路有关问题	690	38.5.6 集气罐	733
37.4.1 通风机的种类	690	第39章 空调建筑的防火排烟	734
37.4.2 通风机的特性曲线	690	39.1 通风空调系统的防火	734
37.4.3 通风机在管路中的实际 工况	690	39.2 空调建筑的防排烟	734
37.4.4 通风机的效率、功率与 风机温升	690	39.2.1 自然排烟方式	735
37.4.5 风管风量调节方法的选择	692	39.2.2 机械排烟方式	735
37.4.6 风管系统的定风量装置	693	39.2.3 机械加压送风的防排烟 方式	736
37.4.7 风管系统的压力分布分析	695	39.2.4 防排烟方式的选择	739
37.4.8 风管配件的布置	697	39.3 防排烟装置	739
37.5 空调房间的气流分布设计原理	699	第40章 空调系统的消声和防振	741
37.5.1 送风射流的一般规律	699	40.1 声学基础知识	741
37.5.2 回风口的空气流动规律	705	40.2 噪声的主观评价和室内噪声 标准	742
37.6 房间气流分布的基本方式	705	40.3 空调系统的噪声源	743
37.6.1 常用气流组织的方式	705	40.3.1 风机的噪声	743
37.6.2 送风口形式及其适用性	708	40.3.2 风道系统的气流噪声	745
37.6.3 侧面送风计算	712	40.3.3 电动机和空调设备噪声	747
37.6.4 平送风盘式散流器（分布器） 送风计算	715	40.4 空调系统中噪声的衰减	747
37.6.5 孔板送风计算	716	40.4.1 风管内噪声的自然衰减	747
第38章 空调装置的水系统	720	40.4.2 风口的反射噪声	748
38.1 空调水系统的型式	720	40.4.3 空气进入室内噪声的衰减	748
38.1.1 开式和闭式系统	720	40.5 消声器	749
38.1.2 同程式和异程式回水管	721	40.5.1 消声器消声量的确定	749
38.1.3 双水管、三水管、四水管 水系统	722	40.5.2 消声器的种类与特点	750
38.1.4 定流量和变流量水系统	722	40.5.3 消声器消声量的计算	751
38.2 水系统的承压和冷热源 设备的布置	723	40.5.4 消声器应用中的注意点	752
38.2.1 水系统的承压	723	40.6 空调装置的防振	752
38.2.2 冷热源设备和系统布置	724	40.6.1 振动传递率	752
38.3 水系统的管路设计计算	726	40.6.2 减振材料特性和减振器 的选定	753
		40.6.3 空调装置隔振设计的注 意点	757
		40.6.4 防振措施的若干实例	758
		参考文献	760