

能源与动力工程系列教材

# 制冷原理及设备

(第3版)

吴业正 主编

吴业正 朱瑞琪 曹小林 鱼剑琳 编著



西安交通大学出版社  
XI'AN JIAOTONG UNIVERSITY PRESS



**吴业正** 1937年生，西安交通大学教授。

我国“制冷及低温工程学科”首批博士生导师，乌克兰技术智能控制科学院通讯院士，《科学中国人》杂志专家委员会委员。长期从事制冷和供热先进技术的研究。获全国科学大会奖1项，国家级科技进步二等奖2项，其它省部级奖多项。已编写出版专著和教材10本，包括国家级重点教材1本，国家级规划教材2本。

因所作贡献，当选中国共产党第十一届全国代表大会代表，被评为国家有突出贡献的中青年专家，陕西省有突出贡献专家。

ISBN 978-7-5605-3812-9



9 787560 538129 >

定价：33.00元

责任编辑：任振国 封面设计：伍 胜

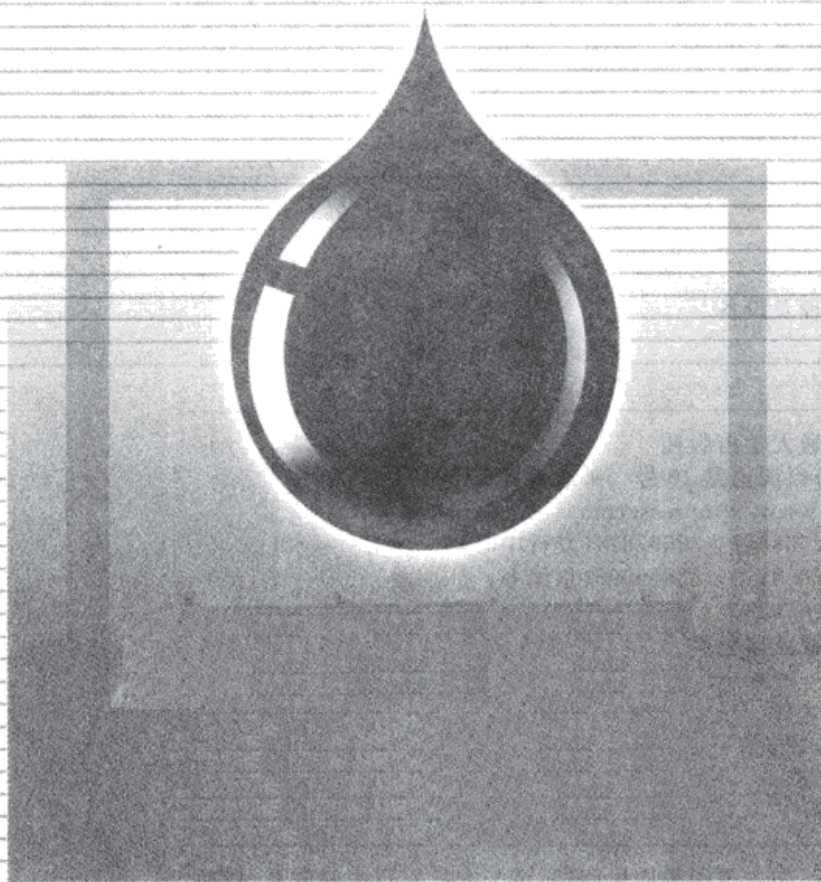
能源与动力工程系列教材

# 制冷原理及设备

(第3版)

吴业正 主编

吴业正 朱瑞琪 曹小林 鱼剑琳 编著



西安交通大学出版社  
XI'AN JIAOTONG UNIVERSITY PRESS

PDF

## 内容提要

本书讲述了各种制冷方法,系统的组成,制冷循环的分析和计算,制冷剂,热交换器及辅助设备。书中的内容以蒸气压缩式制冷为重点,并叙述了吸收式和热电式制冷的原理和设计计算。书中还介绍了一些小型制冷装置。为实现低碳经济,必须提高产品的能效和采用环境友好的制冷剂,书中对此有所反映。

在撰写全书时,注意理论与实践之结合,并配以适当的图、表,使读者更易掌握和使用书的内容。

本书可作为高等院校制冷、空调专业学生的教材,也可供相关领域的科研和工程技术人员参考和使用。

---

### 图书在版编目(CIP)数据

制冷原理及设备/吴业正主编;朱瑞琪,曹小林,  
鱼剑琳编著. 3版. —西安:西安交通大学出版社,  
2010.12

ISBN 978-7-5605-3812-9

I. ①制… II. ①吴…②朱… ③曹… ④鱼… III.  
①制冷-理论 ②制冷-设备 IV. ①TB6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 004659 号

---

书 名 制冷原理及设备  
主 编 吴业正  
责任编辑 任振国

出版发行 西安交通大学出版社  
(西安市兴庆南路 10 号 邮政编码 710049)  
网 址 <http://www.xjtupress.com>  
电 话 (029)82668357 82667874(发行中心)  
(029)82668315 82669096(总编办)  
传 真 (029)82668280  
印 刷 西安新视点印务有限责任公司

开 本 787mm×1092mm 1/16 印张 23 字数 554 千字  
版次印次 2010 年 12 月第 1 版 2010 年 12 月第 1 次印刷  
书 号 ISBN 978-7-5605-3812-9/TB·61  
定 价 33.00 元

读者购书、书店添货、如发现印装质量问题,请与本社发行中心联系、调换。  
订购热线:(029)82665248 (029)82665249  
投稿热线:(029)82664954  
读者信箱:jdjgy@yahoo.cn

版权所有 侵权必究



# 前 言

本书第一版出版至今,已有 23 年。在此期间,中国发生了巨大的变化。制冷产品已应用到国民经济的各个领域,相应的制冷技术也突飞猛进。虽然“制冷原理及设备”在 1996 年出了第二版以适应形势的变化,但对内容的修订仍赶不上时代前进的步伐,这就促使了第三版教材的编写。

与第二版相比,第三版有以下变化:

**1. 低碳经济的思想贯穿全书** 为此在绪论中,强调了“制冷领域的节能减排”;在“制冷方法”(第 1 章)中,增加了“蒸发冷却”;在“制冷剂”(第 3 章)中增加了“冰蓄冷系统”;在“溴化锂吸收式制冷机”(第 7 章)和“小型制冷装置”(第 11 章)中增加了“热泵技术”。

**2. 更新了内容** 例如:对第 3 章中的“实用制冷剂”作了比较全面的改写,力求符合当前制冷剂的实际应用情况。同时,在突出制冷剂的“环境影响指标 ODP 和 GWP”时,还强调了制冷剂的“安全性(可燃性和毒性)”。后者是今后考虑制冷剂替代时,不可或缺的指标。

**3. 引入新的国标** 如:关于“制冷机工况”的国标;关于“制冷压缩机工况”的国标;关于“制冷机和热泵能效”的国标。使读者熟悉国家对制冷产品制订的规范和技术引导。

此外,按照国标对一些符号作了修改。将描写热流量的参数用  $\Phi$  表示(如将制冷量  $Q_0$  改成  $\Phi_0$ )。

**4. 增加了思考题** 每一章后面均附有思考题,供读者阅读时参考。

参加本书修订的教师为西安交通大学吴业正教授(绪论,第 1,2,3,5,6,7,8,9,10,11 章);朱瑞琪教授(第 1,2,3,8 章);中南大学曹小林副教授(第 4,9 章、思考题)和鱼剑琳教授(第 10,11 章)。吴业正为主编。

本书由西安交通大学俞炳丰教授主审。

编写过程中,得到西安交通大学吴青平老师、徐荣吉博士在文字和插图方面的帮助,作者深表感谢。受作者水平所限,书中不足之处,请读者指正。

作 者

2010 年 9 月写于西安交通大学

PDG

# 第 1 版前言

本书是在西安交通大学制冷教研室编写,并已使用了多年的《制冷机原理及设备》(上、下册)教材的基础上,根据专业教学计划的要求重新改编而成的。

本书共分 11 章,它以蒸气压缩式制冷机为重点,阐述了制冷剂、节流机构、蒸气压缩式单级、双级、复叠式制冷循环及其热力分析与计算。在蒸气制冷中还介绍了氨-水吸收式和溴化锂-水吸收式制冷循环、设备及其热力学分析计算,特别对制冷装置中的热交换设备作了详细的论述。介绍了各类热交换设备的设计计算方法,对其它辅助设备、小型的制冷装置及热电制冷也作了较详细的介绍。

根据多年的教学经验和专家、学生的反映,并参考了国外一些新出版的教材,我们在内容和编排上都作了一定的修改和尝试,使读者更易了解、掌握和应用书中的内容。

本书除供制冷专业本科生使用外,在删除第 5 章至第 8 章后,也可作为专科生的教材。它也能作为流体动力机械专业参加自学考试学生的参考书,或供具有一定基础的工程技术人员学习参考。

本书由西安交通大学制冷教研室吴业正教授任主编(第 4,5,9,10,11 章),韩宝琦副教授任副主编(第 2,6,7 章),参加编写的还有周子成副教授(第 4 章),朱瑞琪讲师(绪论、第 1,3,8 章)。

本书由西安冶金建筑学院杨磊教授主审。

编写过程中,薛天鹏副教授、李斌副教授、张长林讲师和刘瑞和讲师提供了许多宝贵的资料和意见,谨向他们致谢。

由于编写人员水平有限,书中不足之处,恳请读者批评指正。

作 者

1987 年 1 月写于西安交通大学



## 第 2 版前言

蒙读者厚爱,本书自 1987 年 9 月出版以来,已经过了 6 次重印,印数逾 3 万册,但仍不能满足需求,急需再印或再版。我们仔细地考虑后,决定修订后出版,经一年的修订,现已完稿,由西安交通大学出版社出版。

七年来,制冷机及制冷装置的设计、制造取得了长足的进展。一些新的制冷方法正在获得人们的重视和应用;新的制冷机结构和流程也纷纷出现;应用新工质替代 CFC 已成为现实;这一切都促使我们对本书的内容作进一步的修改和充实,这是本书再版的原因之一。

作者通过讲授本书,感到有必要对叙述方法进行调整,使学生更快、更好地掌握基本概念并应用基本概念于解决实际问题,这是本书再版的原因之二。

近年来,国家对书、刊规定了一系列的标准,教材应贯彻执行这些标准,这是本书再版的原因之三。

本书再版后,表示章、节等顺次的方法与以前不同。书中不再出现“章”、“节”等字样,代之而起的是“1”,“1.1”等记号。其目的是与国际上流行的顺次表示法一致。授课时,为便于叙述,可称“1”为第 1 章,“1.1”为第 1 章 1 节,……。

参加本书修订的教师为吴业正教授(第 7,9,10 和 11 部分),韩宝琦教授(第 2,4,5 和 6 部分),朱瑞琪副教授(绪论、第 1.3 和 8 部分)。

修订后的本书,仍会有许多不足,敬请批评、指正。

作 者

1996 年 7 月写于西安交通大学



# 目 录

前言	
第 1 版前言	
第 2 版前言	
绪 论	(1)
第 1 章 制冷方法	(7)
1.1 低温的产生	(7)
1.2 各种制冷方法	(8)
1.3 制冷的基本热力学原理	(22)
1.4 热泵	(24)
第 2 章 单级蒸气压缩式制冷循环	(27)
2.1 单级蒸气压缩式制冷的理论循环	(27)
2.2 单级蒸气压缩式制冷的实际循环	(32)
2.3 单级蒸气压缩式制冷机的性能	(42)
2.4 制冷工况	(45)
2.5 CO <sub>2</sub> 跨临界循环	(52)
2.6 单级蒸气压缩式混合工质制冷循环	(54)
第 3 章 制冷剂	(56)
3.1 概述	(56)
3.2 制冷剂的性质	(60)
3.3 混合制冷剂	(69)
3.4 实用制冷剂	(70)
3.5 第二制冷剂	(76)
第 4 章 两级压缩和复叠式制冷循环	(82)
4.1 概述	(82)
4.2 两级压缩制冷循环	(83)
4.3 两级压缩制冷机的热力计算和温度变动时的特性	(90)
4.4 复叠式制冷机循环	(95)
4.5 自复叠式制冷循环	(99)
第 5 章 吸收式制冷机的溶液热力学基础	(101)
5.1 溶液、溶液的成分	(101)
5.2 相、独立组分数、自由度和相律	(102)
5.3 理想溶液两组分体系的相图	(102)
5.4 溶解与结晶、吸收与解析、蒸馏与精馏	(105)
5.5 两组分体系的比焓-质量分数( $h-w$ )图	(106)
5.6 稳定流动下溶液的混合与节流	(109)



<b>第 6 章 氨吸收式制冷机</b> .....	(114)
6.1 概述 .....	(114)
6.2 氨水溶液的性质 .....	(115)
6.3 单级氨水吸收式制冷机循环过程及其在 $h-w$ 图上的表示 .....	(117)
6.4 氨水吸收式制冷机与蒸气压缩式制冷机性能的比较 .....	(120)
6.5 吸收-扩散式制冷机.....	(121)
<b>第 7 章 溴化锂吸收式制冷机</b> .....	(125)
7.1 溴化锂水溶液的性质 .....	(125)
7.2 溴化锂吸收式制冷机原理 .....	(130)
7.3 溴化锂吸收式制冷机的热力及传热计算 .....	(133)
7.4 溴化锂吸收式制冷机的性能及其提高途径 .....	(143)
7.5 溴化锂吸收式制冷机制冷量的调节及其安全保护措施 .....	(148)
7.6 双效溴化锂吸收式制冷机 .....	(150)
7.7 双效直燃溴化锂吸收式冷热水机 .....	(160)
7.8 第二类热泵 .....	(163)
<b>第 8 章 热电制冷</b> .....	(165)
8.1 热电制冷原理及分析 .....	(165)
8.2 热电制冷的特点及应用 .....	(171)
8.3 热电堆设计 .....	(174)
<b>第 9 章 制冷机的热交换设备</b> .....	(181)
9.1 热交换设备中的传热过程 .....	(181)
9.2 蒸发器 .....	(185)
9.3 冷凝器 .....	(194)
9.4 水冷式冷凝器中的冷却水系统 .....	(202)
9.5 制冷装置中的其它换热器 .....	(204)
9.6 制冷机热交换器的对数平均温差、对数比焓差及介质表面传热系数.....	(209)
9.7 冷凝器、蒸发器的设计计算.....	(221)
9.8 强化传热元件 .....	(242)
9.9 热绝缘 .....	(248)
<b>第 10 章 制冷机的其它辅助设备及管道</b> .....	(254)
10.1 膨胀机构及阀门.....	(254)
10.2 蒸气压缩式制冷机的辅助设备及管道.....	(265)
<b>第 11 章 小型制冷装置</b> .....	(276)
11.1 小型冷藏、冷冻装置 .....	(276)
11.2 空调器(机)及去湿机.....	(286)
11.3 展示柜.....	(296)

参考文献	(302)
附表及附图	(306)
附表 1 NH <sub>3</sub> 饱和液体的热物理性质	(306)
附表 2 R22 饱和液体的热物理性质	(306)
附表 3 NH <sub>3</sub> 饱和液体及蒸气的热力性质	(307)
附表 4 R22 饱和液体及蒸气的热力性质	(310)
附表 5 R22 过热蒸气的热力性质	(313)
附表 6 R14 饱和液体及蒸气的热力性质	(316)
附表 7 R23 饱和液体及蒸气的热力性质	(318)
附表 8 R123 饱和液体及蒸气的热力性质	(320)
附表 9 R134a 饱和液体及蒸气的热力性质	(324)
附表 10 R134a 过热蒸气性质	(325)
附表 11 R152a 饱和液体及蒸气的热力性质	(326)
附表 12 R290 饱和液体及蒸气的热力性质	(328)
附表 13 R600a 饱和液体及蒸气的热力性质	(330)
附表 14 R744 饱和液体及蒸气的热力性质	(332)
附表 15 饱和水及饱和水蒸气的热力性质	(334)
附表 16 某些气体的热物理性质	(336)
附表 17 一个大气压下饱和湿空气的热力性质	(337)
附表 18 NaCl 水溶液的性质	(339)
附表 19 CaCl <sub>2</sub> 水溶液的性质	(340)
附图 1 NH <sub>3</sub> 的压-焓图	(342)
附图 2 R22 的压-焓图	(343)
附图 3 R14 的压-焓图	(344)
附图 4 R23 的压-焓图	(345)
附图 5 R123 的压-焓图	(346)
附图 6 R134a 的压-焓图	(347)
附图 7 R152a 的压-焓图	(348)
附图 8 R290 的压-焓图	(349)
附图 9 R600a 的压-焓图	(350)
附图 10 R744 的压-焓图	(351)
附图 11 NH <sub>3</sub> - H <sub>2</sub> O 溶液的 $h-w$ 图	(352)
附图 12 LiBr - H <sub>2</sub> O 溶液的 $p-1/T$ 图	(353)
附图 13 LiBr - H <sub>2</sub> O 溶液的 $h-w$ 图(1)	(354)
附图 14 LiBr - H <sub>2</sub> O 溶液的 $h-w$ 图(2)	(355)