

REFRIGERATION

高等职业教育制冷技术系列规划教材

制冷空调 机器设备

魏 龙 主编 逯红杰 刘 奇 副主编
孙见君 主审

<http://www.phei.com.cn>



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

高等职业教育制冷技术系列规划教材

制冷空调机器设备

魏 龙 主 编

逯红杰 刘 奇 副主编

孙见君 主 审

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 • BEIJING

内 容 简 介

本书针对制冷与空调专业高等职业技术教育的特点,从实用性出发,将制冷压缩机、制冷设备、空调设备和泵与风机的经典内容及最新成果优化组合而成,是一门课程改革综合化教材。

全书共分8章,内容包括:活塞式制冷压缩机、螺杆式制冷压缩机、其他类型的制冷压缩机、制冷系统热交换设备、节流机构与辅助设备、空气调节设备、空气调节机组、冷媒水和冷却水系统设备。

本书强调从基本概念、基本结构入手,突出对制冷空调机器设备的工作原理、结构特点的理解和应用。本书引用与制冷空调机器设备相关的最新标准,内容新颖、文字简练、通俗易懂、实用性强,可作为高等职业院校制冷与空调专业的教材,以及其他培训机构或社会力量办学所举办的各种类型的培训教材,也可供相关专业的工程技术人员及社会从业人员参考。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

制冷空调机器设备/魏龙主编. —北京:电子工业出版社, 2007.12

(高等职业教育制冷技术系列规划教材)

ISBN 978-7-121-05446-4

I. 制… II. 魏… III. 制冷—空气调节器—高等学校: 技术学校—教材 IV. TB657.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 180699 号

策划编辑: 程超群

责任编辑: 裴 杰

印 刷: 北京季蜂印刷有限公司

装 订: 三河市万和装订厂

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本: 787×1 092 1/16 印张: 20.25 字数: 518.4 千字

印 次: 2007 年 12 月第 1 次印刷

印 数: 4 000 册 定价: 29.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系, 联系及邮购电话: (010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zlts@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线: (010) 88258888。

前 言

随着社会的不断进步,国民经济的快速发展,以及人民生活水平的不断提高,制冷与空调技术显示出越来越重要的作用,已广泛应用于工业、农业、商业、国防、医药卫生、建筑工程、生物工程、宇宙开发及人民生活等各个领域。

美国机械工程师学会将空调制冷技术列为 20 世纪 20 项最重大工程技术成就之一(位列第 10 位)。

20 世纪 90 年代初期,我国制冷空调业各类生产企业只有 217 家,工业年产值 65 亿元人民币;到 1999 年全行业有一定规模的企业有近 600 家,工业年产值 487.9 亿元人民币;到 2005 年全行业的年产值已接近 2 300 亿元人民币,出口额在 50 亿美元以上。近十多年来,我国制冷空调行业一直保持着平均 30% 以上的高速年增长率,已发展成为世界第二大冷冻空调设备的消费市场和第一大生产国。据相关资料分析,在经历了一段较长时间的高速增长后,在未来的几年内,许多企业面临着新一轮的经营体制转变和产品结构调整等问题,因此行业的年增长率会较过去的高峰时期有所回落,但仍会保持在 15% 左右(仍将高于全国工业增长平均速度)。而经过必要的调整之后,中国的制冷空调行业必将迎来新的发展机遇,向着世界制冷空调制造业的强国迈进。

我国制冷与空调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、新设备的高级技能型、应用型制冷与空调专业人才。

作为高等教育的重要部分,高等职业技术教育旨在培养在管理、服务、生产第一线工作的高素质技能型人才,其显著特征是具有应用多种知识和技能解决现场实际问题的能力,即技术应用能力。为实现这一宏观培养目标,专业课程设置需要进行相应的调整,课程内容的优化、组合和重构也势在必行。

打破传统课程结构封闭性,进行课程门类相对集中的综合化是目前高职教学改革的重要手段之一。通过综合,减少了课程间的不必要重复,避免了知识的相互割裂和脱节,突出了专业能力的培养,促进了理论与实践、基础与专业之间的紧密结合,有利于学生综合能力的培养,有助于今后发展他们的潜能。

近几年,许多高职院校的制冷与空调技术、供热通风与空调工程技术专业在分析人才知识、能力和素质结构,构建教学内容和课程体系时,将制冷压缩机、制冷设备、空调设备、泵与风机等内容整合为“制冷空调机器设备”一门课程。但与之相配套的教材建设还相对滞后,编写适合高职制冷与空调专业使用的《制冷空调机器设备》教材迫在眉睫。

本书是将与制冷空调相关的机器设备的经典内容及最新成果,按照知识、能力、素质的内在联系和人的认识规律,按照教学的科学性、自然适应性、可接受性和循序渐进性等教育教学规律优化组合而成。

在编写方面,本书力求体现以下特点:

(1) 编写中不刻意强调知识的系统性、理论性和完整性,而是根据高职制冷与空调专业学生就业的岗位工作特点,以能力培养为根本出发点,内容以必需、够用为度,举例与工程实际相结合,注重知识与技能的联系,文字表达上力求简单易懂。

(2) 淡化理论和公式推导, 强调从基本概念、基本结构入手, 突出对制冷空调机器设备的工作原理、结构特点的理解和应用。

(3) 本书在强调实用性、典型性的同时, 充分重视内容的先进性。尽可能地反映与制冷空调机器设备关联的新标准、新材料、新技术、新工艺、新设备、新方法的应用和发展。

(4) 加强实训。在充分考虑实训条件要求的情况下, 在主要章节安排了相关的实训内容, 以锻炼学生的实际动手操作能力。

(5) 每章之前有学习导引, 每章之后有习题, 以使学习者对各部分内容的脉络有一个清晰的了解, 同时也有利于学生的自主学习。

本书适用学时为 70~90 (含实训), 少学时的教学内容可根据需要删去部分内容。本书可作为高等职业技术学院制冷与空调技术、供热通风与空调工程技术专业的教材, 以及其他培训机构或社会力量办学所举办的各种类型的培训教学, 也可供相关专业的工程技术人员及社会从业人员参考。

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。

本书由魏龙任主编, 逯红杰、刘奇任副主编。各章的编写分工为: 魏龙编写绪论、第 1 章、第 2 章、第 3 章 3.2 节、3.3 节、第 4 章; 逯红杰编写第 5 章、第 6 章; 刘奇编写第 3 章 3.1 节、第 8 章; 杜娟编写第 7 章。

孙见君教授主审了本书, 并提出了许多宝贵的修改意见。房桂芳、蒋李斌、黄建做了大量的文字和插图的处理工作, 在此表示衷心的感谢。

限于编者的经验和水平, 书中不妥之处恳请广大师生和同行批评指正, 以使本书在教学实践中日臻完善。

编 者

目 录

绪论	(1)
第1章 活塞式制冷压缩机	(6)
1.1 概述	(7)
1.1.1 制冷压缩机的作用、分类及应用范围	(7)
1.1.2 活塞式制冷压缩机的基本结构与工作原理	(8)
1.1.3 活塞式制冷压缩机的优缺点	(10)
1.1.4 活塞式制冷压缩机的分类	(10)
1.1.5 我国活塞式制冷压缩机的形式及基本参数	(12)
1.2 活塞式制冷压缩机的热力性能	(15)
1.2.1 活塞式制冷压缩机的工作循环	(15)
1.2.2 活塞式制冷压缩机的性能参数及计算	(16)
1.2.3 活塞式制冷压缩机的运行特性和工况	(25)
1.3 活塞式制冷压缩机的主要零部件	(28)
1.3.1 机体及气缸套	(28)
1.3.2 曲轴与主轴承	(30)
1.3.3 连杆组件	(32)
1.3.4 活塞组	(34)
1.3.5 气阀	(38)
1.3.6 轴封装置	(42)
1.3.7 能量调节装置	(43)
1.3.8 润滑装置	(49)
1.4 活塞式制冷压缩机的总体结构和机组	(59)
1.4.1 活塞式制冷压缩机的总体结构	(59)
1.4.2 活塞式制冷机组	(69)
实训1 活塞式制冷压缩机的拆装	(73)
习题1	(78)
第2章 螺杆式制冷压缩机	(80)
2.1 螺杆式制冷压缩机的工作过程和型号表示	(80)
2.1.1 螺杆式制冷压缩机的基本结构	(80)
2.1.2 螺杆式制冷压缩机的工作过程	(81)
2.1.3 内容积比及附加功损失	(83)
2.1.4 螺杆式制冷压缩机的优缺点	(84)
2.1.5 螺杆式制冷压缩机的型号表示	(84)
2.2 螺杆式制冷压缩机的热力性能	(85)
2.2.1 螺杆式制冷压缩机的性能参数及其计算	(85)
2.2.2 螺杆式制冷压缩机的运行特性曲线和工况	(88)

2.3 螺杆式制冷压缩机的主要零部件	(89)
2.3.1 机壳	(89)
2.3.2 转子	(90)
2.3.3 轴承与平衡活塞	(95)
2.3.4 轴封装置	(95)
2.3.5 能量和内容积比调节装置	(96)
2.3.6 润滑系统	(101)
2.4 螺杆式制冷压缩机的总体结构和机组	(102)
2.4.1 螺杆式制冷压缩机的总体结构	(102)
2.4.2 螺杆式制冷机组	(107)
2.5 单螺杆制冷压缩机	(110)
2.5.1 单螺杆制冷压缩机的基本结构和工作原理	(110)
2.5.2 单螺杆式制冷压缩机的结构参数	(111)
2.5.3 单螺杆制冷压缩机的能量和内容积比调节	(112)
2.5.4 单螺杆制冷压缩机及机组的结构特点	(114)
实训2 螺杆式制冷压缩机的拆装	(115)
习题2	(116)
第3章 其他类型的制冷压缩机	(118)
3.1 离心式制冷压缩机	(118)
3.1.1 离心式制冷压缩机的基本结构和工作原理	(118)
3.1.2 离心式制冷压缩机的特点和应用范围	(120)
3.1.3 离心式制冷压缩机的分类	(120)
3.1.4 离心式制冷压缩机的主要零部件	(122)
3.1.5 空调用离心式制冷机组	(126)
3.1.6 离心式制冷机组的特性曲线和能量调节	(131)
3.2 滚动活塞式制冷压缩机	(136)
3.2.1 滚动活塞式制冷压缩机的基本结构和工作过程	(136)
3.2.2 滚动活塞式制冷压缩机的主要结构形式和特点	(137)
3.3 涡旋式制冷压缩机	(139)
3.3.1 涡旋式制冷压缩机的基本结构和工作过程	(139)
3.3.2 涡旋式制冷压缩机的主要结构形式和特点	(140)
习题3	(146)
第4章 制冷系统热交换设备	(147)
4.1 冷凝器	(148)
4.1.1 冷凝器的传热方式和影响因素	(158)
4.1.2 水冷冷凝器	(150)
4.1.3 风冷冷凝器	(155)
4.1.4 水和空气联合冷却式冷凝器	(158)
4.1.5 冷凝器的选择和计算	(160)
4.2 蒸发器	(165)

4.2.1	蒸发器的传热方式和影响因素	(165)
4.2.2	冷却液体载冷剂的蒸发器	(166)
4.2.3	冷却空气的蒸发器	(171)
4.2.4	蒸发器的选择和计算	(175)
4.3	蒸发器—冷凝器组和冷凝蒸发器	(179)
4.3.1	蒸发器—冷凝器组	(179)
4.3.2	冷凝蒸发器	(179)
4.4	其他热交换设备	(180)
4.4.1	回热器	(180)
4.4.2	过冷器	(182)
4.4.3	中间冷却器	(182)
实训3 制冷系统热交换设备的结构认识		(184)
习题4		(185)
第5章 节流机构与辅助设备		(186)
5.1	节流机构	(187)
5.1.1	节流机构工作原理和种类	(187)
5.1.2	毛细管	(187)
5.1.3	手动节流阀	(188)
5.1.4	热力膨胀阀	(189)
5.1.5	浮球调节阀	(192)
5.1.6	节流孔板	(193)
5.1.7	电子膨胀阀	(194)
5.2	辅助设备	(194)
5.2.1	润滑油的分离及收集设备	(194)
5.2.2	制冷剂的储存及分离设备	(198)
5.2.3	制冷剂的净化设备	(202)
5.2.4	安全设备	(206)
5.2.5	其他辅助设备	(207)
习题5		(215)
第6章 空气调节设备		(217)
6.1	空气加热与冷却设备	(217)
6.1.1	喷水室	(218)
6.1.2	空气换热器	(221)
6.1.3	电加热器	(223)
6.1.4	空气—空气热回收器	(224)
6.2	空气加湿与除湿设备	(227)
6.2.1	空气加湿设备	(227)
6.2.2	空气除湿设备	(231)
6.3	空气净化设备	(237)
6.3.1	空气净化的目的和标准	(237)

6.3.2	空气过滤器	(239)
6.3.3	洁净室	(242)
6.3.4	局部净化设备	(244)
6.3.5	空气特殊净化设备	(248)
6.4	空气调节通风设备	(249)
6.4.1	风机	(249)
6.4.2	空调送风口与回风口	(251)
6.4.3	空调通风管道	(256)
6.4.4	空调通风管道用阀	(257)
6.4.5	消声器	(260)
实训 4 空气调节设备的结构认识		(264)
习题 6		(264)
第 7 章 空气调节机组		(266)
7.1	组合式空调机组	(266)
7.1.1	组合式空调机组的形式与基本参数	(267)
7.1.2	常用组合式空调机组	(268)
7.2	整体式空调机组	(271)
7.2.1	立式空调机组	(271)
7.2.2	柜式空调机组	(272)
7.3	风机盘管机组	(276)
7.3.1	基本结构和工作原理	(276)
7.3.2	形式与基本参数	(277)
7.3.3	常见类型特点及应用	(278)
7.4	诱导式空调机组	(282)
7.4.1	诱导器及诱导器空调系统	(282)
7.4.2	诱导器的基本参数及诱导器空调系统的优缺点	(283)
实训 5 空气调节机组的结构认识		(283)
习题 7		(284)
第 8 章 冷媒水和冷却水系统设备		(285)
8.1	冷媒水和冷却水系统	(285)
8.1.1	冷媒水系统	(285)
8.1.2	冷却水系统	(286)
8.2	水泵	(288)
8.2.1	泵的分类和主要性能参数	(288)
8.2.2	离心泵的工作原理和分类	(289)
8.2.3	离心泵的基本结构	(290)
8.2.4	离心泵的工作性能	(293)
8.2.5	常用离心泵	(300)
8.3	冷却塔	(303)
8.3.1	冷却塔的作用和分类	(303)

8.3.2	自然通风式冷却塔	(303)
8.3.3	机械通风式冷却塔	(304)
8.4	其他设备	(305)
8.4.1	分水器 and 集水器	(305)
8.4.2	膨胀水箱	(305)
8.4.3	放气装置	(306)
8.4.4	其他管路附件	(307)
习题 8		(310)
参考文献		(312)

绪 论

制冷与空气调节（简称空调）技术是由于社会生产和人民生活的需要而产生和发展的，它的发展又促使了社会生产和科学技术的进步。根据使用要求的不同，制冷与空调技术分为制冷和空气调节两大领域。所谓制冷，是指从环境温度的空间或物体中吸取热量并将其转移给周围环境的过程。为了达到这一目的，就应不断地将该物体或空间的热量，以及由外界传入的热量，转移到外界环境中去。这是一个非自发的过程，需要消耗外界能量进行补偿。为实现这一过程所需要的机器和设备称为制冷机。制冷机中使用的工作介质称为制冷剂，制冷剂在制冷机中循环流动。所谓空气调节，是指使房间或封闭空间的空气温度、湿度、洁净度和气流速度等参数，达到给定要求的技术。制冷领域的主要任务是实现某一空间的温度和湿度目标，以及生产对工艺介质的温度要求；空调领域的主要任务是以室内人员或工艺过程为对象，着眼于制造使人感到舒适的室内气候环境，以及制造符合工艺过程所要求的生产环境。

制冷与空调技术是两个密切相关的学科，空气调节是制冷技术的重要应用方面之一。随着社会的不断进步，国民经济的快速发展，人民生活水平的不断提高，制冷与空调技术显示出越来越重要的作用，已广泛应用于工业、农业、商业、国防、医药卫生、建筑工程、生物工程、宇宙开发及人民生活等各个领域。

美国机械工程师学会将空调制冷技术列为 20 世纪 20 项最重大工程技术成就之一（位列第十位）。

1. 《制冷空调机器设备》课程的性质、任务和内容

《制冷空调机器设备》课程是制冷与空调专业的一门重要专业课。它担负着培养学生具有制冷空调机器设备使用、选型和技术改造的能力，要求学生能掌握常用制冷空调机器设备的工作原理、性能、整体结构、适用范围、特点及选型等方面的技术，并为后续课程的学习准备必要的知识，也为今后从事实际工作打下良好的基础。

制冷与空调行业使用的机器设备种类繁多，且各自具有不同的性能和特点。本课程讲述的常用制冷空调机器设备包括：制冷压缩机、制冷系统热交换设备、节流机构与辅助设备、空气调节设备、空气调节机组、冷媒水和冷却水系统设备等。

2. 常用制冷空调机器设备

人工制冷方法中，在普通制冷温度范围内（120K 以上），利用液体汽化来实现的人工制冷（称为蒸气制冷）方法使用最广泛，其制冷机有蒸气压缩式制冷机、吸收式制冷机、蒸气喷射式制冷机，前一种消耗机械能，后两种消耗热能。本课程中主要介绍蒸气压缩式制冷机和一般空气调节过程中使用的机器与设备。

（1）制冷压缩机。制冷压缩机是制冷系统中一个组成部分，当制冷剂气体流过此压缩机时，压力升高，容积缩小。制冷压缩机是蒸气压缩式制冷循环的动力，它由原动机如电动机拖动而工作，它除了及时抽出蒸发器内蒸气，维持低温低压外，并且通过压缩作用提高制冷

剂蒸气的压力和温度，创造将制冷剂蒸气的热量向外界环境介质转移的条件，即将低温低压制冷剂蒸气压缩至高温高压状态，以便能用常温的空气或水作为冷却介质来冷凝制冷剂蒸气。制冷压缩机是制冷装置中最主要的设备，通常称为主机或“心脏”。

常用的制冷压缩机有活塞式、螺杆式、离心式、滚动活塞式、涡旋式等。

(2) 制冷系统热交换设备。热交换设备是实现两种（或两种以上）温度不同的流体间相互传热的设备，又称换热器。制冷系统中的制冷剂就是在热交换设备中实现吸收热量和放出热量的。因此，热交换设备在制冷系统中起着重要的作用，传热效果的好坏，直接影响制冷机的性能。

制冷系统中的热交换设备包括冷凝器、蒸发器和一些其他换热器，如回热器、过冷器及中间冷却器等。

(3) 节流机构。节流机构与制冷压缩机、冷凝器、蒸发器并称为蒸气压缩机式制冷系统的四大基本部件，它是用来使制冷剂液体由冷凝压力节流降压至蒸发压力的热力设备，并同时起控制进入蒸发器制冷剂流量的作用，以适应制冷负荷的变化。

常用的节流机构有毛细管、手动节流阀、热力膨胀阀、浮球调节阀、节流孔板和电子膨胀阀。

(4) 制冷系统辅助设备。对蒸气压缩式制冷系统，除了必要的四大基本部件外，通常还需要设置一些辅助性的设备，对制冷剂进行储存、分离与净化；对润滑油进行分离与收集，从而改善系统的运行条件，提高系统运行的安全性和经济性。由于它们不是制冷系统必需的部件，因此通常称为制冷系统辅助设备。

制冷系统常用的辅助设备有润滑油的分离与收集设备、制冷剂的储存及分离设备、制冷剂的净化设备和安全设备。

(5) 空气调节设备。对于空调系统来说，一个空气调节的全过程是由空气处理过程及送入房间的空气状态变化过程组成的。为了实现这些过程就要采用不同的空气调节设备。

常用的空气调节设备有空气加热与冷却设备、空气加湿与除湿设备、空气净化设备和空气调节通风设备。

(6) 空气调节机组。空气调节机组主要用于集中式和半集中式空调系统中，它是将多种空气调节设备组合在一起的空调设备，可以对空气进行加热、冷却、加湿、除湿等多种处理过程。

目前，集中式空调系统中常用的空气调节机组有组合式空调机组和整体式空调机组，半集中式空调系统中常用的空气调节机组有风机盘管机组和诱导器机组。

(7) 冷媒水和冷却水系统设备。在制冷与空调中，常常通过水作为载冷剂或冷却剂来实现热量的传递，因此水系统是制冷与空调系统的一个重要的组成部分。

常用的冷媒水和冷却水系统设备有离心式水泵、冷却塔、集水器、分水器、膨胀水箱、放气装置及其他管路附件。

3. 制冷空调机器设备的发展概况

人类最早的制冷方法是利用自然界存在的冷物质如冰、深井水等。我国早在周朝就有了用冰的历史，到了秦汉，冰的使用就更进了一步，到了唐朝已生产冰镇饮料并已有了冰商。

利用天然冷源严格说还不是人工制冷，现代人工制冷技术是从 19 世纪中叶开始发展起来的。

1834 年, 在伦敦工作的美国人波尔金斯 (Perkins) 试制成功了第一台用乙醚为制冷剂、闭式循环的手摇式压缩制冷机, 并正式申请了专利, 这台机器可看做是蒸气压缩式制冷机的雏形。

空气制冷机的发明比蒸气压缩式制冷机稍晚。1844 年美国高里 (Gorrie) 发明了空气循环式制冷机, 并于 1851 年获得美国专利, 这是世界第一台制冷和空调用的空气制冷机。1862 年英国人基尔发明了封闭循环的空气制冷机, 并获英国专利。

1859 年, 法国人卡列 (Carre) 制成了第一台氨吸收式制冷机, 并申请了原理专利。

1910 年左右, 马利斯·莱兰克 (Maurice Lehland) 在巴黎发明了蒸气喷射式制冷机。

在各种形式的制冷机中, 蒸气压缩式制冷机发展较快。从 1872 年美国波义耳 (Boyle) 发明了氨压缩机, 1874 年德国人林德 (Linde) 建造第一台氨制冷机后, 蒸气压缩式制冷机在工业上获得了较普遍的使用。之后, 作为蒸气压缩式制冷机的核心部件——制冷压缩机取得了较大的发展。

1922 年由美国人开利 (Carrier) 设计, 以四氯化碳为制冷剂的离心式制冷机组, 在美国开利建筑公司和德国一家制造公司的通力合作下试制成功; 稍后, 由瑞士勃朗—波弗利公司生产了世界上第一台氨离心式制冷机; 1934 年, 美国开利公司制造出以 R11 为制冷剂的新型空调离心式制冷机, 其后 1938 年日本清凉公司开始制造以 R113 为制冷剂的封闭型离心式制冷压缩机; 20 世纪 70 年代, 美国特兰公司发展了 R113 空调离心式冷水机组。

1926 年美国通用电气公司研制成功第一台全封闭活塞式制冷压缩机。

20 世纪 30 年代美国 Vilter 公司生产出了滚动活塞式压缩机, 1965 年在日本, 滚动活塞式制冷压缩机开始用于家用空调器。到 20 世纪 70 年代以后, 滚动活塞式制冷压缩机用于中型冷藏与空调方面已日趋成熟。从 20 世纪 80 年代滚动活塞式制冷压缩机又迅速进入家用冰箱所代表的小型低温应用领域, 并进而向单元式空调机所代表的大型领域发展。日本于 1980 年装有卧式滚动活塞式压缩机的电冰箱投入市场, 而美国通用电气公司于 1985 年开始生产冰箱用滚动活塞式压缩机。20 世纪 80 年代中期, 双缸滚动活塞式压缩机作为单元空调用压缩机已开始部分付诸实际应用。

20 世纪 40 年代瑞典 SRM 公司首先将螺杆式压缩机实用化, 20 世纪 60 年代初以氨为制冷剂的喷油开启螺杆式制冷压缩机开始被用于制冷行业。20 世纪 70 年代中期, 荷兰 Grasso-SeaCon BV 公司成功地把单螺杆式压缩机研制成型号为 MS10 的制冷压缩机后, 很快在中小型制冷空调和热泵装置上得到应用。20 世纪 70 年代末至 20 世纪 80 年代初, 日本三菱公司相继推出了几种汽车空调用螺杆式制冷压缩机。1983 年日本大金公司率先生产了半封闭单螺杆喷油式制冷压缩机。此后, 日本三菱公司生产出了喷制冷剂单螺杆制冷压缩机。20 世纪 90 年代三菱公司又开发出了大冷量半封闭单螺杆式制冷压缩机。

1972 年由美国 ADL 公司研制出远洋海轮超导氦气涡旋压缩机, 标志着涡旋式压缩机进入实用化, 而空调用涡旋式制冷压缩机于 1981 年在日本商品化, 1985 年在美国商品化。进入 20 世纪 90 年代, 涡旋式制冷压缩机的系列化产品相继问世。日本松下电器公司生产出用于家用空调的小型全封闭涡旋式制冷压缩机, 东芝公司推出了列车空调用涡旋式制冷压缩机。美国开利公司则在冷水机组上并联使用涡旋式制冷压缩机, 以提高整机制冷量。1999 年美国谷轮 (Copeland) 公司又推出了一种新的数码涡旋式制冷压缩机, 使空调器不必使用昂贵的变频控制器就能实现制冷量在 10%~100% 范围内的无级调节。

随着制冷机的不断发展, 制冷剂的种类也逐渐增多, 从早期的空气、二氧化碳、乙醚到

氯甲烷、二氧化硫、氨等。1929 年美国通用电气公司米杰里 (Midgley) 发现了氟利昂制冷剂 R12, 使得压缩式制冷机发展更快。随后, 于 20 世纪 50 年代开始使用了共沸混合制冷剂, 20 世纪 60 年代又开始应用非共沸混合制冷剂。直至 20 世纪 80 年代关于淘汰消耗臭氧层物质 CFC 问题正式被公认以前, 以各种卤代烃为主的制冷剂的发展几乎已达到相当完善的地步。

19 世纪后半叶, 纺织工业的迅速发展使空调技术面临着巨大的挑战, 解决纺织厂车间内的温度、湿度、气流速度和洁净度问题成了当务之急。当时, 工程师克勒默 (Cramer) 负责设计和安装了美国南部三分之一纺织厂的空调系统, 并申请了六十项专利。系统中, 已开始采用集中处理空气的喷水室, 装置了净化空气的过滤设备等。空气调节的英文名称 Air Conditioning 就是他在 1906 年正式定名的。

享有“空气调节之父”美誉的美国人开利于 1901 年创建了第一所暖通空调实验室, 提出了若干实践验证理论的计算方程式。1902 年, 他通过实验结果, 设计和安装了彩色印刷厂的全年性空气调节系统。后来, 他又将喷嘴和挡水板设置到喷水室内, 改善了温湿度控制的效果, 使全年性空调系统能够满意地应用于 200 种以上不同类型的工厂。1911 年 12 月, 开利在空气调节的研究上出现了新的飞越, 他得出了空气干球温度、湿球温度和露点温度的关系, 以及空气显热、潜热和焓值之间关系的计算公式, 绘制了湿空气的焓湿图, 这也是空气调节发展史上的一个重要里程碑。

20 世纪后半叶, 制冷和空调产业获得前所未有的高速发展。制冷已成为全球保证食物保藏供应的基本手段, 而空调则是当今社会赖以达到工作及生活环境舒适要求的必要手段。从工业生产方面看也越来越增加对制冷工艺的依赖程度, 如电子工业和化学工业必须利用它来实现计算机芯片的制造和各种化工合成物的生产。

当然也应清楚地看到, 在制冷和空调产业高速发展的同时, 随之带来的问题也是不能回避的现实, 主要问题有三个: ①如何实现 CFC 和 HCFC 的替代, 以免大气臭氧层继续遭受破坏。②如何进一步提高设备和系统的效率以减少能源消耗。③企业在全球竞争的白热化中如何脱颖而出。

针对以上问题, 各企业纷纷加大产品的研发力度, 采用新技术、新材料、新工艺、新工质, 使制冷空调机器设备在制造工艺、可靠性、舒适性和噪声控制等方面都取得了令人瞩目的进展。随着新技术、新材料、新工艺的研究和应用, 促使高效、节能的新设备不断出现。特别在热交换设备和空气净化设备方面, 研制和开发新产品的活动一直十分活跃。过去在热交换设备中主要运用间壁式换热器, 其中以管式换热器使用最为广泛。为了强化传热、提高单位面积换热量, 使换热器的结构紧凑, 各种新型的翅化式热交换管已广泛地用于制冷与空调装置的各种换热器中, 例如采用绕金属丝的翅化管、36 翅的低螺纹管、“超热流 C 管”和各种热管式换热器等, 有效地增大了传热面积, 提高了传热系数, 节省了金属耗材, 减少了设备体积。在空气净化设备中, 人们对空气质量的要求越来越高, 空气过滤器和空气发生器的应用日益广泛。计算机技术的发展, 亦推动了制冷与空调技术的蓬勃发展, 尤其是动态仿真优化、辅助设计、辅助测试、自动控制、集成制造和生产工艺管理等方面应用了计算机技术。此外, 家用电冰箱和空调器等家用电器的绿色化、智能化、网络化、信息化等, 这一切都预示着制冷与空调技术更加美好的未来。

我国制冷工业起步较晚, 1949 年前基本上没有制造制冷机的能力。到 1949 年, 全国冷库总容量只有 35 000t, 相当于现有一个城市的拥有容量。空调技术的应用起步并不太迟, 1931 年, 上海纺织厂安装了带喷水室的空气调节系统, 其冷源为深井水。随后在一些电影院和银

行也实现了空气调节,几座高层建筑物先后设置了全空气式的空调系统。

新中国成立后,我国的制冷与空调行业得到了飞速发展。20世纪50年代主要仿制苏、美活塞式制冷压缩机,20世纪60年代开始自行设计和制造高速多缸活塞式制冷压缩机,1958年试制成功1163kW的离心式制冷压缩机,1971年试制成功螺杆式制冷压缩机;在20世纪50年代,组合式空调机组已应用于纺织工业,1966年研制成功了第一台风机盘管机组。经过几十年的努力,目前国内形成有一定基础的科研、教学、设计、生产体系。在制冷机方面,具有制造活塞式、螺杆式、离心式、滚动活塞式、涡旋式等蒸气压缩式制冷机,以及蒸气喷射式、吸收式等制冷机的能力;在空调系统方面,能独立设计、制造和装配多种空调系统,如高精度的恒温恒湿洁净室、地下除湿、人工气候室,以及大型公共建筑和高层建筑的空调系统等。

20世纪90年代初期,我国制冷空调业各类生产企业只有217家,工业年产值65亿元人民币;到1999年全行业有一定规模的企业有近600家,工业年产值达487.9亿元人民币;到2005年全行业的年产值已接近2300亿元人民币,出口额在50亿美元以上。近十多年来,我国制冷空调行业一直保持着平均30%以上的高速年增长率,已发展成为世界第二大冷冻空调设备的消费市场和第一大生产国。21世纪将为我国制冷与空调行业的发展提供更为广阔的空间,中国的制冷空调行业必将迎来新的发展机遇,向着世界制冷空调制造业的强国迈进。

4. 《制冷空调机器设备》课程的学习要求和方法

《制冷空调机器设备》是一门理论性和实践性均非常强的课程,学习的基本要求如下。

(1) 掌握活塞式制冷压缩机、螺杆式制冷压缩机的基本结构、工作原理、热力性能、主要零部件的作用及结构特点。

(2) 掌握其他制冷压缩机的基本结构和工作原理,了解其他制冷压缩机的主要结构形式和特点。

(3) 掌握主要热交换设备的种类、传热特性、工作原理、结构特点及适应范围。

(4) 掌握常用节流机构的工作原理、基本结构、性能特点及适应范围。

(5) 了解制冷系统辅助设备的作用、工作原理、结构特点及适应范围。

(6) 掌握空调系统主要设备和机组的工作原理、结构特点、性能和适应范围。

(7) 掌握离心泵的基本结构、工作原理及工作性能,了解冷媒水和冷却水系统其他设备的作用、工作原理及结构特点。

(8) 能看懂制冷空调机器设备的结构图。

(9) 会查阅有关制冷空调机器设备的标准、图表、规范手册、产品说明书等资料。

(10) 具有根据使用要求选用制冷空调机器设备的初步能力。

(11) 了解制冷空调机器设备的现状和发展趋势。

为了学好本课程,建议按以下方法进行学习。

(1) 切实掌握有关课程的相关知识。本课程教学中与《工程制图》、《热工与流体力学基础》、《制冷原理》、《机械基础》等课程密切相关。

(2) 必须理论联系实际进行学习。本课程理论内容较多,实践性强,应结合实训内容,通过动手拆装机器,到生产企业参观及观看录像等方法,达到事半功倍的效果。

第1章 活塞式制冷压缩机

学习导引

使用一个或几个进行往复运动的活塞来改变压缩腔内部容积而实现气体压缩的制冷压缩机称为往复式活塞式制冷压缩机，简称活塞式制冷压缩机。活塞式制冷压缩机的生产和使用的历史较长，是目前应用最广的一种制冷压缩机。

1. 学习要求

本章的重点是活塞式制冷压缩机的基本结构、热力性能及主要零部件的作用与结构特点，通过学习读者应达到以下要求。

- (1) 掌握制冷压缩机的作用、分类及应用范围。
- (2) 掌握活塞式制冷压缩机的基本结构、工作原理及优缺点；了解活塞式制冷压缩机的分类。
- (3) 了解我国活塞式制冷压缩机的形式及基本参数。
- (4) 了解活塞式制冷压缩机实际工作循环与理论工作循环的差别；掌握活塞式制冷压缩机输气量的计算，能正确分析影响输气量和容积效率的主要因素。
- (5) 了解活塞式制冷压缩机的制冷量、功率和效率；了解影响活塞式制冷压缩机排气温度的因素。
- (6) 了解活塞式制冷压缩机的运行特性曲线、运行界限及工况，掌握运行特性曲线图的使用方法。
- (7) 掌握活塞式制冷压缩机主要零部件的作用及结构特点；掌握活塞式制冷压缩机能量调节方法和全开吸气阀片调节机构的组成与工作原理；了解活塞式制冷压缩机的润滑方式、润滑系统的主要设备及冷冻机油的性能与选用。
- (8) 掌握开启活塞式制冷压缩机的总体结构特征；了解半封闭及全封闭活塞式制冷压缩机的总体结构特征。
- (9) 了解活塞式压缩冷凝机组和冷水机组的构成与特点。

2. 本章难点

- (1) 活塞式制冷压缩机热力性能的相关参数计算理论性较强，掌握起来有一定的难度，应结合例题与习题加强练习。
- (2) 活塞式制冷压缩机的结构复杂，零部件较多，仅通过了解结构简图而掌握其总体结构有一定难度。应结合拆装实训，通过拆装观察活塞式制冷压缩机的具体实物来帮助理解。

1.1 概述

1.1.1 制冷压缩机的作用、分类及应用范围

制冷压缩机，即制冷剂压缩机，是决定蒸气压缩式制冷（热泵）系统能力大小的关键部件，对系统的运行性能、噪声、振动、维护和使用寿命等有直接的影响。

1. 制冷压缩机的作用

制冷压缩机在系统中的作用在于：抽吸来自蒸发器的制冷剂蒸气，并提高其温度和压力后，将它排至冷凝器。在冷凝器中，高压过热制冷剂蒸气在冷凝温度下放热冷凝。而后通过节流元件，降压后的气液混合物流向蒸发器，在那里制冷剂液体在蒸发温度下吸热沸腾，转换为蒸气后进入压缩机，从而实现了制冷系统中制冷剂的不断循环流动。由此可见，制冷压缩机相当于系统中的“心脏”。

2. 制冷压缩机的分类

制冷压缩机的种类和形式很多，可根据工作原理、结构和工作的蒸发温度进行分类。

（1）按工作原理分类。制冷压缩机根据工作原理不同可分为容积型和速度型两类。

① 容积型压缩机。在容积型压缩机中，一定容积的气体先被吸入气缸里，继而在气缸中其容积被强制压缩，气体压力升高，当达到一定压力时，气体便被强制地从气缸排出。可见，容积型压缩机的吸排气过程是间歇进行，其流动并非连续稳定的。

容积型压缩机按其压缩部件的运动特点可分为两种形式：往复式活塞式（简称活塞式）和回转式。而后者又可根据其压缩机的结构特点分为滚动活塞式（又称滚动转子式）、滑片式、螺杆式（包括双螺杆式、单螺杆式）、涡旋式等。

② 速度型压缩机。在速度型压缩机中，气体压力的升高是由气体的速度转化而来，即先使气体获得一定高的速度，然后再将气体的动能转化为压力能。可见，速度型压缩机中的压缩流程可以连续地进行，其过程是稳定的。制冷装置中应用的速度型压缩机主要是离心式制冷压缩机。

如图 1.1 所示为制冷压缩机分类及其结构示意图。

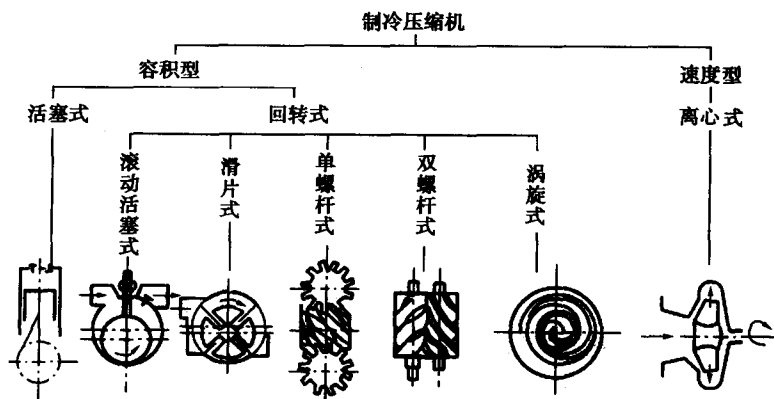


图 1.1 制冷压缩机分类和结构示意图