



高职高专规划教材

制冷压缩机与设备

朱立 主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

高 职 高 专 规 划 教 材

制 冷 压 缩 机 与 设 备

主 编 朱 立

副主编 魏 龙

参 编 方应国 刘佳霓

主 审 匡奕珍



机 械 工 业 出 版 社

本书介绍了各种类型的制冷压缩机与制冷设备的工作原理、零部件的结构以及泵与风机的选型和计算。书中配有适量的图、表供读者参考和使用。

本书是高等职业技术学院“制冷与空调”专业学生的专用教材，也可供从事制冷与空调工作的工人与工程技术人员自学和参考。

图书在版编目（CIP）数据

制冷压缩机与设备/朱立主编. —北京：机械工业出版社，2005.4
高职高专规划教材

ISBN 7-111-16380-X

I. 制... II. 朱... III. 制冷—压缩机—高等学校：技术学院—教材
IV. TB652

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2005）第 025264 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：王世刚 于奇慧

责任编辑：张双国 于奇慧 版式设计：冉晓华 责任校对：张晓蓉

封面设计：饶 薇 责任印制：石 冉

北京中兴印刷有限公司印刷

2006 年 1 月第 1 版第 2 次印刷

787mm×1092mm¹/₁₆·18.25 印张·448 千字

3 001—6 000 册

定价：26.00 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）68326294

封面无防伪标均为盗版

编写说明

随着科技发展、社会进步和人民生活水平的不断提高，制冷与空调设备的应用几乎遍及生产、生活的各个方面。运行和维护制冷与空调设备需要大批专门技术人才，尤其我国加入 WTO，融入国际竞争的大潮，社会对制冷空调设备的安装、维修、管理专业高级技术人才的需求量也愈来愈大。为了满足和适应社会不断增长的需要，全国已有数十所高职高专院校先后开设了“制冷与空调”专业，以加速制冷与空调专业应用型高级技术人才的培养。

为了编写出既有行业特色，又有较宽覆盖面，适应性、实用性强的专业教材，我们组织了全国十几所不同行业高职院校具有丰富教学和工程实践经验的教师编写了这套高职高专制冷与空调专业规划教材。书目见封四。

本套教材在编写过程中，结合我国制冷与空调专业的发展以及行业对高职高专人才的实际要求，在形式和内容上都进行了有益探索。在专业面向上，既涉及家用、商用制冷与空调设备，又涉及工业制冷空调设备，其覆盖范围广；在内容安排上，既介绍传统的制冷空调原理、方法、设备，又补充了大量的新技术、新工艺、新设备，立足专业最前沿；在课程组织上，基本理论力求深入浅出、通俗易懂，实验、实训力求贴近生产，强调实际、实用；特别强调突出能力培养，体现高职特色，既可作为高职高专院校的专用教材，也可作为社会从业人员岗位培训教材。

本套教材编写过程中，得到了有关设计、施工、管理、生产企业和有关专家学者的大力支持。他们提出了许多宝贵意见，提供了大量技术资料和工程实例，使得教材内容更加丰富、详实，在此向他们表示衷心的感谢！

由于受理论水平、专业能力和知识面的限制，全套教材中难免有疏漏和错误，恳请广大师生和读者批评指正，以便再版时修订、补充，不断完善和提高。

高职高专制冷与空调专业教材编审委员会

2004 年 12 月

前 言

随着制冷与空调行业的迅速发展，越来越多的高职高专院校新增设了“制冷与空调”专业。而目前适合于高职高专“制冷与空调”专业学生使用的教材又太少。为了适应我国高等职业技术教育的发展需要，由机械工业出版社组织十多所高职院校的教师编写了这套适合于高职高专“制冷与空调”专业学生选用的系列教材。

《制冷压缩机与设备》是这套系列教材中的一本。在编写时根据“制冷与空调”专业教学计划和教学大纲的要求，结合我国制冷和空调行业的发展情况，本教材在内容及章节的处理上，与以往同类教材有较大区别。

本教材教学总学时数为 80~90 学时，有关章节任课教师可根据具体情况酌情取舍。

本教材由武汉商业服务学院朱立任主编，南京化工机械学院魏龙任副主编。各章的编写分工为：朱立编写绪论、第一章、第二章、第三章、第八章；魏龙编写第四章、第五章、第七章、第十二章；方应国编写第六章；刘佳霓编写第九章、第十章、第十一章。

本教材承匡奕珍教授主审，并在审稿时提出许多宝贵的修改意见，特予致谢。由于编写时间仓促，编者水平有限，书中不足之处，恳望读者指正。

编 者

目 录

编写说明

前言

绪论 1

第一章

制冷压缩机概述 3

第一节 制冷压缩机的种类及分类 4

第二节 制冷压缩机的发展概况 7

第二章

活塞式制冷压缩机的基本构造与 热力过程 13

第一节 压缩机的基本结构和工作原理 14

第二节 压缩机的实际工作过程与输气 系数 16

第三节 压缩机的制冷量、功率和效率 25

第四节 压缩机的运行特性曲线和运行 界限 27

第五节 压缩机的排气温度 29

第三章

活塞式制冷压缩机的振动和 噪声 33

第一节 活塞式制冷压缩机的振动 34

第二节 活塞式制冷压缩机的噪声 40

第四章

活塞式制冷压缩机的主要零 部件 43

第一节 机体、缸盖、侧盖 44

第二节 曲轴与主轴承 46

第三节 连杆组件 49

第四节 活塞组件 52

第五节 气阀缸套组件 57

第六节 轴封 65

第七节 润滑系统 67

第八节 能量调节装置 78

第五章

活塞式制冷压缩机的总体结构与 机组 87

第一节 开启活塞式制冷压缩机 88

第二节 半封闭活塞式制冷压缩机 91

第三节 全封闭活塞式制冷压缩机 94

第四节 活塞式单机双级制冷压缩机 99

第五节 活塞式制冷机组 101

第六章

螺杆式制冷压缩机 107

第一节 螺杆式压缩机的工作过程 108

第二节 螺杆式制冷压缩机的结构及 基本参数 112

第三节 螺杆式压缩机转子型线 115

第四节 螺杆式压缩机输气量 117

第五节 螺杆压缩机的制冷量、功率和 效率 119

第六节 螺杆压缩机的输气量调节机构 121

第七节 螺杆压缩机的润滑系统 125

第八节 压缩机总体结构实例和机组 127

第七章

离心式制冷压缩机 141

第一节 离心式制冷压缩机的工作原理与 结构 142

第二节 空调用离心式制冷机组 152

第三节 离心式制冷机组的特性曲线及能 量调节 156

第八章

其他型式的制冷压缩机 163

第一节 滚动转子式制冷压缩机 164

第二节 涡旋式制冷压缩机 169

第三节 其他容积型制冷压缩机 175

第九章

冷凝器与蒸发器	181
第一节 冷凝器的传热分析	182
第二节 冷凝器的种类、结构和工作原理	184
第三节 蒸发器的传热分析	193
第四节 蒸发器的种类、结构和工作原理	194
第五节 蒸发器—冷凝器组和蒸发冷 凝器	211

第十章

节流机构	215
第一节 手动节流阀和浮球节流阀	216
第二节 热力膨胀阀	218
第三节 电子脉冲式膨胀阀	222

第四节 毛细管	223
---------------	-----

第十一章

制冷系统的辅助设备	225
第一节 润滑油的分离与收集设备	226
第二节 制冷剂的分离与贮存设备	230
第三节 制冷剂的净化与安全设备	235
第四节 制冷装置的其他辅助设备	239

第十二章

泵与风机	255
第一节 泵与风机的主要性能参数和分类	256
第二节 离心泵	257
第三节 风机	273
参考文献	283

绪 论

制冷机是依靠消耗外功或外界供给的其他能量将低温热源（低于环境温度的热源）中的热量转移到高温热源（环境温度或更高温度热源）中去的机器。

随着制冷与空调技术的高速发展，制冷机的种类、型式日益增多。特别是“三新”（新技术、新工艺和新材料）的研究、开发和应用，更促使高效节能的新制冷机不断涌现。

制冷机种类很多，如蒸汽压缩式制冷机、溴化锂吸收式制冷机、半导体式制冷式、蒸气喷射式制冷机等。各类制冷机由于其不同的特点，适用于不同的场合。如半导体制冷机由于其振动小无污染，在 10W 之下冷量范围内，适于仪器温控或医用；溴化锂吸收式制冷机可以利用发电厂废气热水等做能源，甚至可以利用太阳能辅助加热，近年来在大型空调方面应用日渐增多；压缩式制冷机由于其温度和制冷量的使用范围大，而得以广泛使用。本教材主要介绍蒸汽压缩式制冷机。

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，变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，制冷压缩机相当于制冷系统中的“心脏”。

在制冷机中，换热设备占很大的比重，而且在制冷系统中起重要的作用，它们的特性对制冷机的性能具有较大的影响。

制冷机的换热设备是使制冷剂在其中吸收或放出热量的设备，它包括蒸发器、冷凝器和一些辅助换热器等，其共同点是热流体和冷流体在换热器内流动，热量通过壁面从热流体传给冷流体。

蒸发器与冷凝器是制冷系统中主要的热交换设备，用于制冷剂与热源间的换热，同样也用于不同工况下制冷剂、载冷剂间的换热：为了保证制冷系统的正常运行，提高运行的经济性和安全性，在实际制冷循环中，还使用冷却、分离、贮存及保护等辅助设备与制冷压缩机、冷凝器、蒸发器等一起构成完整的制冷系统。

本书将先介绍各种不同类型的制冷压缩机，然后介绍与之配合的蒸发器、冷凝器、节流元件，最后再讲述制冷系统的辅助设备以及泵与风机。

第 一 章

制冷压缩机概述

1

第一节 制冷压缩机的种类及分类

第二节 制冷压缩机的发展概况

第一节 制冷压缩机的种类及分类

制冷压缩机可根据其工作原理、结构和工作的蒸发温度划分种类，并进行分类。

一、制冷压缩机的种类

制冷压缩机根据其对制冷剂蒸气的压缩热力学原理可以分为容积型和速度型两大类。

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到气缸里，继而在气缸中其容积被强制缩小，压力升高，当达到一定压力时气体便被强制从气缸排出。由此可见，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。后者又可根据其压缩机的结构特点分为滚动转子式（简称转子式）、滑片式、螺杆式、涡旋式等。

2. 速度型压缩机

在速度型压缩机中，气体压力的增长是由气体的速度转化而来，即先使吸入的气流获得一定的高速，然后再使之降下来，让其动量转化为气体的压力升高，而后排出。由此可见，速度型压缩机中的压缩过程可以连续地进行，其流动是稳定的。

图 1-1 所示为制冷压缩机分类及其结构示意图。各类压缩机的工作原理、结构特点和工作性能将在以后各章中分别阐述。

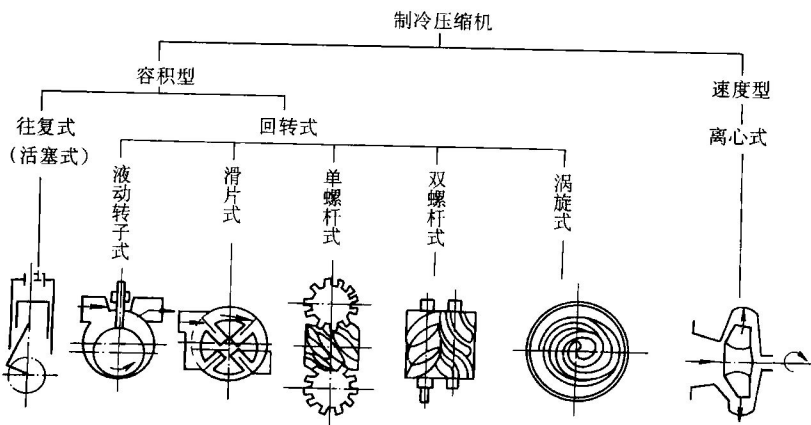


图 1-1 制冷压缩机分类和结构示意图

二、制冷压缩机的分类

1. 按工作的蒸发温度范围分类

对于单级制冷压缩机，一般可按其工作蒸发温度的范围分为高温、中温和低温压缩机三类，但在具体蒸发温度区域的划分上并不统一。下面列举的某些著名压缩机产品沿用的大致工作蒸发温度的分类范围如下：

高温制冷压缩机 $-10\sim 0^{\circ}\text{C}$;
中温制冷压缩机 $-15\sim 0^{\circ}\text{C}$;
低温制冷压缩机 $-40\sim -15^{\circ}\text{C}$ 。

2. 按密封结构形式分类

制冷系统中的制冷剂是不容许泄漏的,这意味着系统中凡与制冷剂接触的每个部件对外界都应是密封的。根据制冷压缩机所采取的防泄漏方式和结构,可分为三种不同的形式。

(1) 开启式压缩机 图 1-2 是以活塞式为例的开启式压缩机结构图。压缩机曲轴 3 的功率输入端伸出压缩机机体之外,再通过传动装置与原动机相连接。在伸出部位要用轴封装置 8 防止轴段和机体间的泄漏。利用这种轴封装置的隔离作用使原动机独立于制冷剂系统之外的压缩机形式称为开启式压缩机。通常,这种压缩机的制冷量临界状态大。若原动机是电动机,因它与制冷剂和润滑油不接触而无需具备耐制冷剂和耐油的要求。因此,开启式压缩机可用于以氨为工质的制冷系统中。

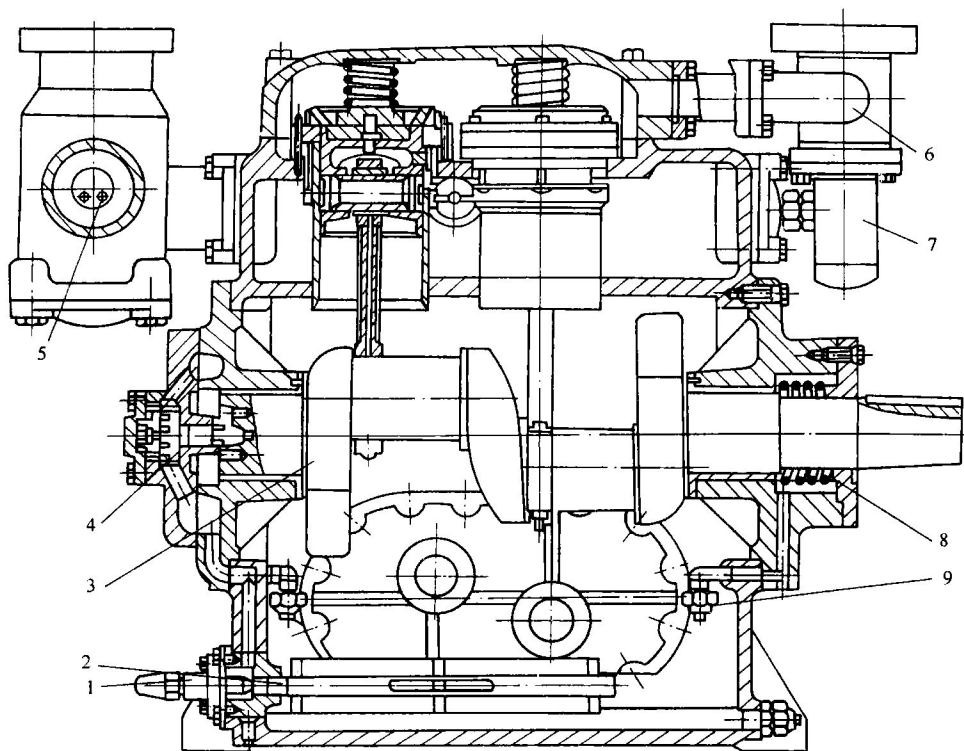


图 1-2 开启式压缩机(活塞式)的结构图

1—加油三通阀 2—过滤器 3—曲轴 4—液压泵 5—吸气滤网
6—排气集管 7—安全阀 8—轴封装置 9—供油管

(2) 半封闭式压缩机 采用封闭式的结构,把电动机和压缩机连成一体,装在同一机体内共用一根主轴,因而可以取消开启式压缩机中的轴封装置,避免了由此产生或多或少泄

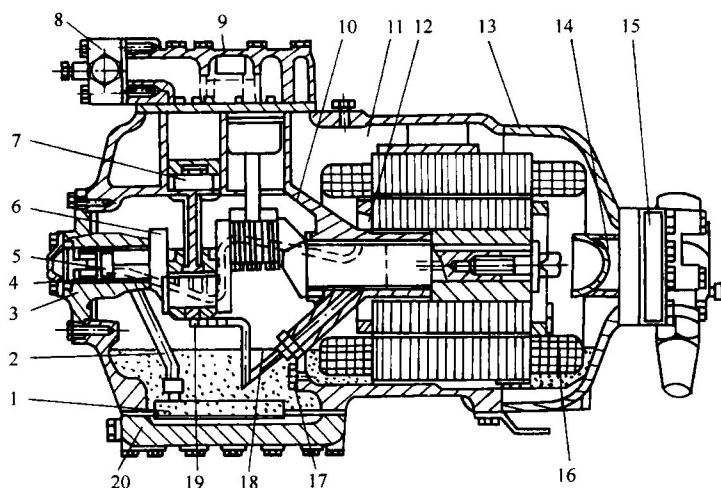


图 1-3 半封闭式压缩机（活塞式）的结构图

- 1—过滤器 2—吸油管 3—端轴承盖 4—液压泵轴承 5—液压泵 6—曲轴 7—活塞连杆组
8—排气截止阀 9—气缸盖 10—曲轴箱 11—电动机室 12—主轴承 13—电动机室端盖
14—吸气过滤器 15—吸气截止阀 16—内置电动机 17—油孔 18—油面 19—油压调节阀 20—底盖

漏的可能性。图 1-3 是半封闭式压缩机（以活塞式为例）的结构例子。从中可见，电动机室 11 内充有制冷剂和润滑油，这种与制冷剂和润滑油相接触的电动机被称为内置电动机，其所用材料必须与制冷剂和润滑油相容共处。半封闭式压缩机的另一特点是在其机体上的各种端盖都是用垫片和螺栓拧牢压紧来防止泄漏，因而压缩机内零部件易于拆卸修复更换。半封闭式压缩机的制冷量一般居中等水平。

(3) 全封闭式压缩机 全封闭式压缩机也像半封闭式一样，把电动机和压缩机连成一体，共用一根主轴。它与半封闭式的差异在于，连接在一起的压缩机和电动机组安装在一个密闭的薄壁机壳中，机壳由两部分焊接而成，这样既取消了轴封装置，又大大减轻了整个压缩机的重量且缩小了尺寸。机壳外表只焊有一些吸排气管、工艺管以及其他（如喷液管）必要的管道、输入电源接线柱和压缩机支架等。图 1-4 所示的全封闭式压缩机电动机组是装在一不能拆开的密封机壳中，不易打开进行内部修理，因而要求这类压缩机的使用可靠性高，寿命长，对整个制冷系统的安装要求也高。这种全封闭结构形式一般用于小冷量制冷压缩机中。

无论是半封闭式还是全封闭式的制冷压缩机，由于氨含有水分时要腐蚀铜，因而都不能用于以氨为工质的制冷系统中。但是，也该看到，基于 CFC_s 和 HCFC_s 的替代和扩大天然制冷剂氨的使用的需要，采用能与氨制冷剂隔离的屏蔽式电动机的半封闭式压缩机已研制成功并获得应用。

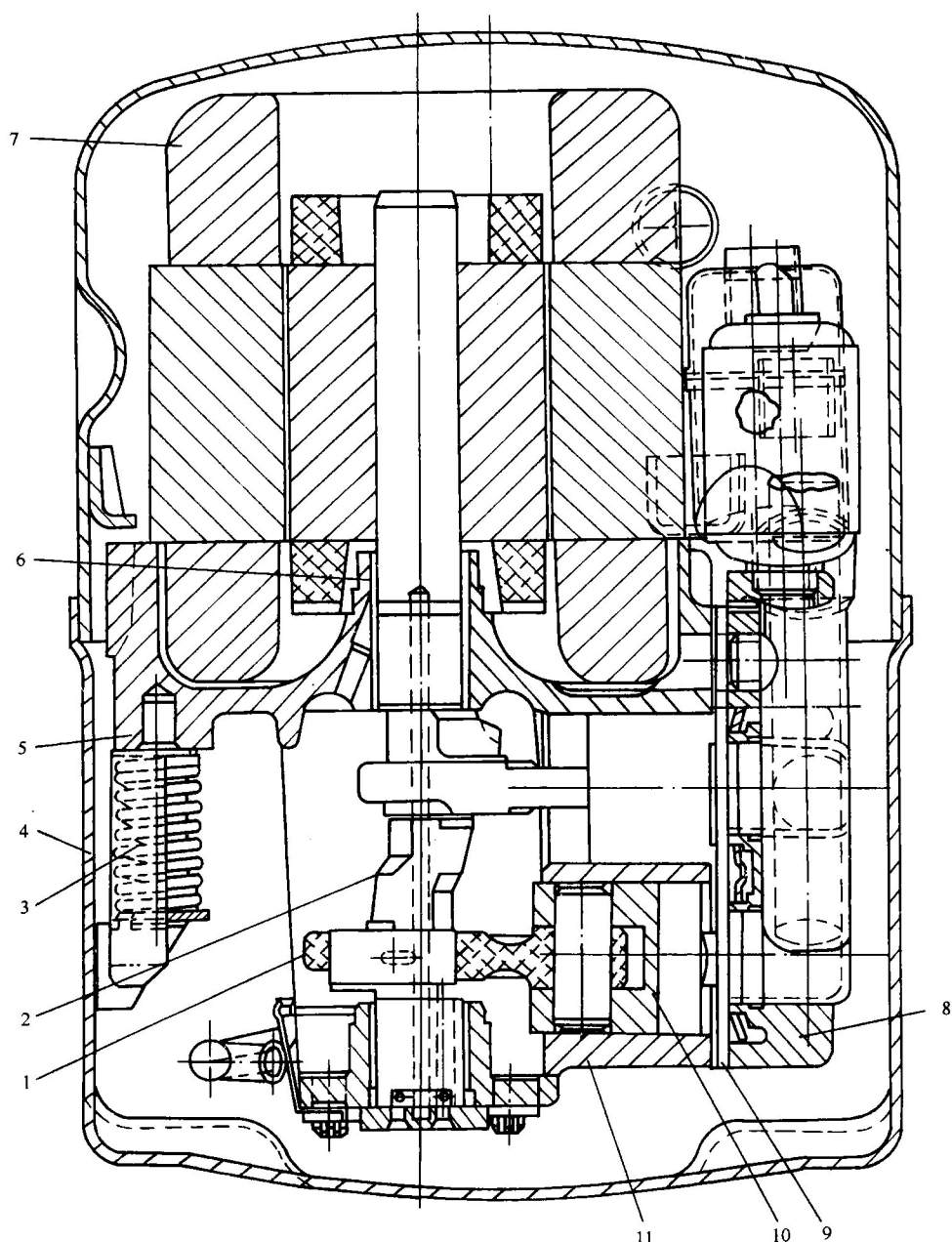


图 1-4 全封闭式压缩机（活塞式）的结构剖面图

1—连杆 2—偏心轴 3—内部支承弹簧 4—机壳 5—电动机座 6—主轴承座

7—内置电动机 8—气缸盖 9—阀板 10—活塞 11—气缸体

第二节 制冷压缩机的发展概况

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贮藏供应的基本手段，而空调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。制冷和空调产业发展的推动力,跟其他技术型产业一样,是来自环境保护和经济发展方面以及新技术进步的要求。

从环保方面看,全球普遍关注的两个问题,即防止大气臭氧层破坏和全球气候变暖,引起世界普遍的重视,并导致各国政府间达成共识,签署了有关协议(1987年的蒙特利尔协议书及其后相继的修订条例)。从经济方面看,当前正进入知识经济的时代,各国经济亦向着全球化的方向发展,相互依赖,相互竞争,不论是发达国家与发展中国家都面临着许多类似的挑战,如能源涨价、新企业增多,由此带来了全球性竞争。再从新技术进步方面看,新型压缩机、新材料、新工艺、新控制方法以及新工质的出现和计算机功能的不断提高等,都使得已有的企业要耗费巨资投入改造,而另一方面却为新生的企业带来发展的契机。

在制冷空调工业面前,现在所遇到的有三个主要问题。首当其冲的是如何实现 CFC_S 和 HCFC_S 的替代,以免大气臭氧层继续遭受破坏。可以这样说,这个替代问题是近几十年来对制冷空调工业产生影响最大的大事。第二个十分重要的挑战是要求进一步提高设备和系统的效率以减少能源消耗。能源问题在 1970 年石油危机时首次变得尖锐起来,而今进一步强调这个问题是由于对全球气候变暖现象的关注所致。第三个问题是许多制冷空调企业的崛起引发全球竞争的白热化。这些企业都想捕捉住当前这个采用高新技术、新工艺已变为可行和对经济的有利时机。其结果是,近几年来,由于高科技的引用,制冷空调设备的制造工艺、可靠性、舒适性和噪声控制等方面确实取得令人瞩目的进展。

制冷压缩机在面临这一系列挑战中同样出现了新的突破。事实已充分说明,近 30 年来,压缩机工业经历着一场革命,这主要体现在研究领域、新型压缩机的开发中以及设计过程中工程科学的应用。最明显的是新型的传感器已经大量用于测量压缩机的压力、温度、振动和应变。而最近,在整个压缩机工业的方方面面都广泛使用的电子计算机,已成为不可缺少的手段,这包括计算机数据采集和整理,计算机辅助设计、设计和工艺的优化等。其带来的总体效果体现在压缩机的小型化(但却拥有较大的制冷量)和高效率。此外,噪声和振动得到降低,可靠性得到提高和寿命得到延长。在取得这些成就的过程中所消耗的开发、设计和生产制造时间都比过去短且费用亦低。

图 1-5 表示了目前各类压缩机的大致应用范围及其制冷量大小。下面将分别介绍各类机器的发展概况。

用 途 压缩机型式	家用冷藏箱、 冻结箱	房间空调器	汽车空调设备	住宅用空调器 和热泵	商用制冷和 空调设备	大型空调设备
活 塞 式	100W ←				200kW →	
滚动转子式	100W ←			10kW →		
涡 旋 式		5kW ←			70kW →	
螺 杆 式					150kW ←	1400kW →
离 心 式						350kW 及以上 ←

图 1-5 各类压缩机的应用范围及其制冷量大小

一、活塞式制冷压缩机

活塞式压缩机迄今还是应用最广泛的一种机型, 尽管它的市场份额已被其他形式压缩机占去一部分, 这是因为后者具有比活塞式机器更好的可靠性、输气系数、压力稳定等性能。因此, 可以预料, 除了在小制冷量应用场合, 活塞式压缩机还会继续扩展其占有的市场。而且, 它还在采用新技术来力保自身的市场范围, 其方法是应用热力学和流体力学的新成果, 采取计算机辅助设计的手段使压缩机的设计、气阀的改进等方面更为合理, 对其整体性能的预测更加精确。目前, 其性能系数约为 $2 \sim 2.5 \text{ W/W}$ (制冷) 和 $2.9 \sim 3.4 \text{ W/W}$ (空调)。

二、螺杆式制冷压缩机

随着近年来螺杆式压缩机工作可靠性的不断改进, 尽管其价格较高, 但在中等制冷量范围内的制冷空调工程中还是得到较普遍的应用, 并可望取得更广泛的推广; 它已开始取代一些较大的活塞式压缩机 (小至 50 kW , 甚至更小些), 同时也取代了一些中等冷量的离心式压缩机 (大至 1500 kW)。它之所以能挤入原来一直由离心式压缩机主宰的领域 ($350 \text{ kW} \sim 1500 \text{ kW}$) 是由于其部分负荷时的良好性能, 其效率一般可高出 $8\% \sim 10\%$; 并且没有离心式压缩机所特有的喘振问题。在原来活塞式压缩机所主宰的较小冷量范围内 (750 kW 以下), 螺杆式压缩机是凭借其较高的可靠性和效率才成功地跻身其中, 这是因为其装配零部件少, 螺杆型线的最新发展以及螺杆加工精度的提高。另外, 它还有尺寸小、重量轻和易于维护保养等优点。

螺杆式压缩机有双螺杆和单螺杆两种基本形式, 在我国双螺杆压缩机应用得较为广泛。但在欧洲, 使用较多的却是单螺杆压缩机。

三、转子式制冷压缩机

转子式压缩机如今广泛应用于家用电冰箱和空调器中, 它从结构上看主要是因为不需用吸气阀而显得可靠性更高。同样的原因亦使它适用于变速运行, 在家用空调器中其变速比可达 $10:1$ (从 $10 \sim 15 \text{ Hz}$ 到 $100 \sim 150 \text{ Hz}$)。机器的零部件少, 尺寸紧凑, 重量轻也是它的明显优点。但是也有其受限制的一面, 即这种压缩机一旦在其轴承、主轴、滚轮或是滑片处发生磨损, 则机器性能迅速恶化。单缸的转子式压缩机在很低转速时的转速不均匀度会增大, 因而开发了双缸机来克服这个缺点。

转子式压缩机的研究集中在降低能耗、采用替代工质 (如 HFC-134a)、采用新的润滑油、电动机变速控制和降低噪声等方面。其性能系数可达 2.9 W/W (制冷) 和 3.4 W/W (制热)。

四、涡旋式制冷压缩机

数控加工工艺的发展使涡旋式压缩机得以制成并进入市场。随着这种加工工艺的生产率提高, 这类压缩机的价格更具有竞争力。尽管它需要有一平动传动机构而使其结构有所复杂化, 但它却具有许多潜在的技术优势。机器中没有吸气阀, 也可以不带排气阀, 从而提高了其可靠性, 转速变化范围可增大; 还有动力平衡性较好, 轴的扭矩较均匀, 压力波动小以及较小的振动和噪声。进一步看其性能特点, 涡旋式压缩机的输气系数在给定吸气条件下几乎与工况的压力比无关, 这是因为它没有如活塞式压缩机的余隙容积损失的缘故。这种特性使它在制冷, 空调和热泵应用场合中比活塞式更具有优势。

在制冷应用中, 涡旋式压缩机可以用较小的压缩机工作容积在很低的蒸发温度和较高的压力比下提供足够的制冷剂流量, 这样, 压缩机用同一电动机可在更宽广的工况下高效率地

工作。同理,在热泵应用中,在环境气温低及压力比高的情况下,压缩机具有较高的供热能力。在空调应用中,亦会在宽广的环境气温下,减轻电动机的负荷,提高了系统的总效率。

同转子式压缩机一样,相同制冷量的涡旋式压缩机的尺寸要比活塞式压缩机的小。采用了柔性传动机构后可使其忍受液体压缩和杂质侵入的能力有所加强,不致产生过大的性能损失或失效。轴承和其他部件的磨损几乎对压缩机的性能影响很小,工作可靠性提高。

涡旋式压缩机的发展在于扩大其制冷量范围,特别是做成小制冷量的机型、提高效率、使用替代工质和降低制造成本等方面。

五、离心式制冷压缩机

离心式压缩机目前在大冷量范围内(大于 1500kW)仍保持优势,这主要是受益于在这个冷量范围内,它具有无可比拟的系统总效率。离心式压缩机的运动零件少而简单,且其制造精度要比螺杆式压缩机低得多,这些都带来制造费用相对较低且可靠的特点。此外,大型离心式压缩机如应用在工作压力变化范围狭小的场合中,可以避免由喘振所带来的问题。可是,在不久的将来,总合部分负荷值(Integrated part load value)将越来越被重视,从而要求离心式压缩机要在较宽广的应用工况中工作效率高。这对下一代离心式压缩机是一个挑战,要求它不仅在满负荷时的效率保持较高水平,而且要兼顾部分负荷时的效率要求。

由于受到螺杆式压缩机和吸收式制冷机的挑战,离心式压缩机的发展相对来讲近来有所缓慢。

离心式压缩机自 1993 年就开始根据 CFC_s 替代的需要进行重新设计,以使其热力和气动力性能得到更好的改善。目前,在美国和日本已有很多离心式压缩机用 HCFC-123 替代原来的 CFC-11。但 HCFC 的使用终究不是长久之计,因而已有很多离心式压缩机的工质替代转向从 HCFC-22 置换为 HFC-134a 方面,其制冷量范围为 90~1250kW。

六、CFC_s 和 HCFC_s 替代

众所周知,制冷剂的选用是影响压缩机设计的诸多因素中应予高度重视的一个。

为了开发用替代制冷剂的新压缩机,设计者首先遇到两个问题:其一,压缩机必须把其工作容积的尺寸重新划定,以适应不同流量的压力要求;其二,压缩机中与制冷剂接触的各种材料之间的相容性,如合成橡胶和润滑油,必须予以解决。

在过去的历史中,有十余种物质曾被用作制冷剂。二次大战后,除了在大冷量范围内还用氨以外,几乎所有制冷空调领域中都被卤代烃 CFC_s 和 HCFC_s 所主宰。1974 年蒙特利尔协议书中所规定的 CFC_s 替代已在工业化国家中实现,而 HCFC_s 的替代计划将要在 2020 年完成;而对发展中国家,则将分别在 2010 年和 2040 年停用。但是,某些发达国家已准备提前实现。图 1-6 表示了欧洲原来常用的 CFC-11、CFC-12、HCFC-22 和 R502 的应用领域及其可能采用的替代剂(箭头横线之下)。

CFC-11 是一种低压制冷剂,主要用于离心式冷水机组中,其过渡替代剂为 HCFC-123。另外, HFC-245ca 也属低压制冷剂,但它具有可燃性,故而对其减燃方法和毒性尚待研究,而且它的使用不及 CFC-11 和 HCFC-123 效率高。因而,许多企业已改用 HFC-134a 于离心式冷水机组中。

CFC-12 由于它的应用面广和在汽车空调中的泄漏问题,因而是首先考虑要替代的对象。在家用电冰箱和汽车空调中可用 HFC-134a 来替代。用于中温和高温范围里, HFC-134a 具有和 CFC-12 相近的制冷量和效率。但在低于 -23℃ 的工况下,则因其制冷量和效率都比