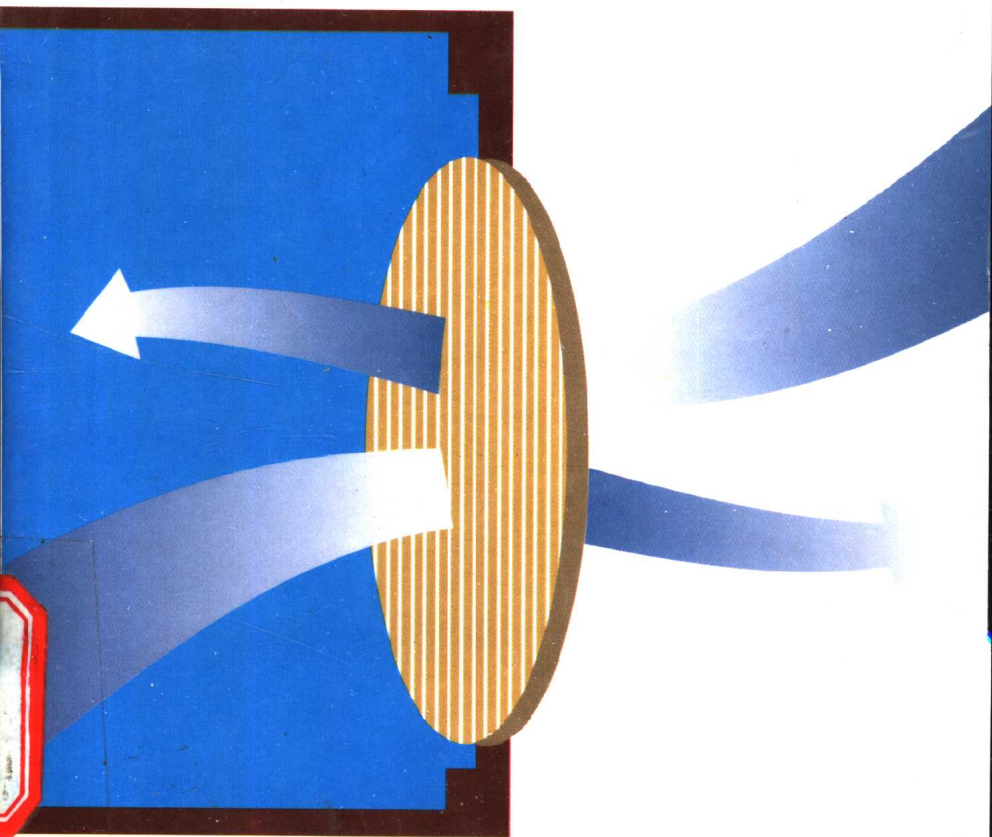


制冷与空调应用技术丛书

◆ 张华俊 编著

制冷压缩机



科学出版社

制冷与空调应用技术丛书

制冷压缩机

张华俊 编 著

科学出版社

1999

内 容 简 介

本书主要介绍制冷压缩机。本书共7章。第1章介绍了制冷压缩机的分类;第2章至第4章分别介绍了往复式制冷压缩机、回转式制冷压缩机、离心式制冷压缩机;第5章至第7章重点叙述制冷压缩机的安装与试运转、操作与管理、保养与维修等。

本书可供从事制冷压缩机设计、生产及维修管理人员阅读、参考。

图书在版编目(CIP)数据

制冷压缩机/张华俊编著. —北京:科学出版社,1999.7

(制冷与空调应用技术丛书)

ISBN 7-03-007138-7

I. 制… II. 张… III. 制冷-压缩机 IV. TB652

中国版本图书馆CIP数据核字(98)第35075号

科学出版社

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

北京双青印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

1999年7月第一版 开本:787×1092 1/32

1999年7月第一次印刷 印张:8 3/8

印数:1-4 500 字数:186 000

定价:12.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换(环伟))

《制冷与空调应用技术丛书》编委会

主 编 杨 磊

副主编 俞炳丰 王天富 陶慰祖 黄 翔

张华俊 买宏金

编 委 (按姓氏笔画为序)

马鸿鸣 王天富 史美耀 刘卫东

买宏金 米新生 李安桂 李树林

李夏莉 李振斋 李彩琴 连之伟

杨启华 杨栓平 杨 磊 张子慧

张华俊 张 欧 张景春 郑爱平

哈 文 赵 忬 赵家禄 俞炳丰

南晓红 陶海澄 陶慰祖 黄清华

黄 翔 韩宝琦

序 言

随着国民经济与科学技术的发展,以及人民生活水平的提高,制冷空调技术的应用日益广泛,相应从事这一技术的教学、科研、生产、工程等从业人员也日益增多。为了适应形势发展的需要,有关制冷空调的教学用书、专著、工程手册、期刊杂志、科普书籍等陆续问世,但至今尚未发现一套既偏重应用又成系列的制冷与空调技术方面的丛书,鉴于此,西安制冷学会编写了《制冷与空调应用技术丛书》。

由于制冷与空调技术应用的领域较宽,所以我们挑选了较常应用的内容进行组织编写,全书共 13 分册,每一分册都由学术水平较高且有丰富实践经验的专家撰写。在撰写过程中,他们不仅介绍了国内外的先进技术、设备,以及使用、维修的知识和宝贵经验,同时还提出了自己的见解。由于作者水平所限,书中缺点及不足之处在所难免,尚希读者批评指正。

西安制冷学会理事长

西安建筑科技大学教授 杨磊

1999 年 4 月

前 言

制冷压缩机是制冷空调系统的核心,了解它的工作原理、使用和维修方面的知识,对广大从事制冷空调装置的生产、管理、维修和使用人员是很有必要的。

在参阅了有关技术书籍和资料的基础上,结合多年的教学和实践经验,作者编著了《制冷压缩机》一书,供读者学习和参考。

本书由西安交通大学俞炳丰教授校审,在此表示谢意。由于作者水平有限,缺点和不足之处望读者批评指正。

作 者

1999年4月

目 录

序 言 前 言

1 制冷压缩机的一般分类	1
1-1 按密封方式分类	1
1-2 按使用的制冷剂分类	2
1-3 按工作原理分类	2
1-4 制冷压缩机发展动态	3
2 往复式制冷压缩机	6
2-1 活塞式制冷压缩机概况	6
2-1-1 活塞式制冷压缩机的分类	7
2-1-2 我国活塞式制冷压缩机的型式及基本参数	10
2-2 活塞式制冷压缩机的性能	14
2-2-1 活塞式制冷压缩机工作过程	14
2-2-2 压缩机的输气系数	18
2-2-3 压缩机的功率和效率	23
2-2-4 压缩机的工作特性	27
2-2-5 压缩机的工作况	30
2-3 往复式制冷压缩机的结构	35
2-3-1 总体结构	35
2-3-2 零部件结构	45
2-3-3 制冷压缩机的输气量调节	63
2-3-4 制冷压缩机的润滑系统	71
2-4 斜盘式制冷压缩机	83
2-4-1 工作原理	83
2-4-2 总体结构	85
3 回转式制冷压缩机	87

3-1	概述	87
3-2	螺杆式制冷压缩机工作原理及特点	88
3-2-1	工作原理	88
3-2-2	工作特点	91
3-2-3	带经济器的螺杆式制冷压缩机	93
3-3	螺杆式制冷压缩机的构造及工作参数	96
3-3-1	总体结构	96
3-3-2	型式和基本参数	101
3-3-3	转子及其端面齿形	107
3-3-4	输气量调节装置	109
3-4	螺杆式制冷压缩机的性能	113
3-4-1	输气系数	113
3-4-2	内压缩与功率	114
3-5	滚动转子式制冷压缩机	118
3-5-1	工作原理及特点	118
3-5-2	结构	122
3-5-3	输气量及轴功率的计算	123
3-6	涡旋式制冷压缩机	127
3-6-1	工作原理	127
3-6-2	结构	129
3-6-3	特点	130
3-6-4	涡旋式压缩机的几何关系及热力计算	131
4	离心式制冷压缩机	137
4-1	工作原理与结构	137
4-1-1	工作原理	137
4-1-2	总体及零部件结构	138
4-2	特性及调节	146
4-2-1	特性	146
4-2-2	调节	149
4-3	特点	149

5	制冷压缩机的安装与试运转	151
5-1	活塞式制冷压缩机的安装	151
5-1-1	基础的检查和验收	151
5-1-2	设备上位找正和初平	153
5-1-3	设备的精平和基础抹面	156
5-1-4	设备的拆卸和清洗	157
5-2	制冷机组的安装	161
5-2-1	活塞式制冷机组的安装	161
5-2-2	离心式制冷机组的安装	162
5-2-3	螺杆式制冷机组的安装	164
5-3	制冷压缩机试运转	164
5-3-1	活塞式制冷压缩机的试运转	164
5-3-2	螺杆式制冷压缩机的试运转	166
5-3-3	离心式制冷压缩机的试运转	167
6	制冷压缩机的操作与管理	169
6-1	制冷压缩机的启动	169
6-1-1	开机前的准备	169
6-1-2	单级氨机启动	169
6-1-3	双级氨机启动	171
6-1-4	氟机启动	172
6-2	制冷压缩机正常情况下的操作与调整	172
6-2-1	单级氨机	172
6-2-2	双级氨机	174
6-2-3	氟机	175
6-3	制冷压缩机的停机	176
6-3-1	正常停机	176
6-3-2	紧急停机	178
6-4	制冷压缩机加油及放油	180
6-4-1	换油	180
6-4-2	运转中的加油	180

6-5	螺杆式压缩机的运转	184
6-6	离心式压缩机的运转	185
6-7	制冷压缩机正常运转的标志	187
6-8	活塞式制冷压缩机的常见故障及其排除	188
6-8-1	氨机常见故障及其排除	188
6-8-2	氟机常见故障及其排除	194
6-9	螺杆式制冷压缩机的常见故障及其排除	195
6-10	离心式制冷压缩机的常见故障及其排除	198
6-11	全封闭式制冷压缩机的故障检查	200
7	制冷压缩机的保养与维修	202
7-1	制冷压缩机的正常保养	202
7-2	制冷压缩机停机后的保养	206
7-2-1	短期停机后的保养	206
7-2-2	长期停机后的保养	208
7-3	制冷压缩机计划检修	212
7-3-1	压缩机的定期检修	213
7-3-2	压缩机拆卸的基本要求和方法	215
7-3-3	压缩机拆卸后的测量	216
7-4	制冷压缩机检修技术	225
7-4-1	制冷压缩机零部件的检修	225
7-4-2	滑动轴承、轴封、阀板组及其它部位的检修与 调整	229
	参考文献	245
	附录 1	246
	附录 2	253

1 制冷压缩机的一般分类

在蒸气压缩式制冷装置中,压缩机是四个主要部件之一。它把制冷剂蒸气从低压状态压缩至高压状态,创造了制冷剂液体在蒸发器中低温下气化制冷和在冷凝器中常温液化的条件。此外,由于压缩机不断地吸入和排出气体,使制冷循环得以周而复始地进行,因此它有整个装置的“心脏”之称。

制冷压缩机的种类很多,分类方法也较多,这里仅介绍几种常用的分类方法。

1-1 按密封方式分类

制冷系统内的制冷剂是不允许泄漏的。从防止泄漏所采取的密封结构方式来看,制冷压缩机可分为开启式和封闭式,而后者又可进一步分为半封闭式和全封闭式两种。

开启式压缩机功率的输入是通过伸出机体之外的主轴进行的,压缩机和电动机分为两体,它们通过传动装置(联轴器、传动带或变速箱)相连接传动。为防止制冷剂蒸气的外泄和外界空气的渗入,必须在主轴伸出部位上采用防止泄漏的轴封装置加以密封。由于轴封装置不可能实现绝对可靠的密封,制冷剂的泄出和外界空气的渗入是难以避免的。

采用封闭式的结构可以避免或大大减少渗漏。封闭式压缩机所配用的电动机与压缩机共同组装在一个机体(壳)内,并共用一根主轴,且不伸出机体(壳),因而不需设置轴封装置,减少了泄漏的可能性,同时又可降低噪声。使用吸入的低

温制冷剂冷却电动机,有利于机器的小型轻量化。但由于制冷剂和电动机直接接触,因此要求电动机的绝缘材料能耐油和耐制冷剂的腐蚀,且压缩机的油泵能正反转工作。半封闭式与全封闭式压缩机的区别在于,前者的机体、气缸盖装配后如有必要仍可卸拆,其密封面以法兰连接,靠垫片或垫圈密封;而后者是压缩机和电动机全部安装在一个封闭罩壳内,罩壳全部焊死,不能拆卸,这样可大大减轻压缩机的重量。但由于封闭式压缩机不易拆卸,修理不便,因此对机器零部件的加工、装配质量、可靠性和使用寿命要求较高,它们应能保证10~15年使用期限。

氨含有水分时要腐蚀铜,因此,氨压缩机一般均为开启式。

1-2 按使用的制冷剂分类

按使用的制冷剂来分类制冷压缩机可分为氨压缩机、氟利昂压缩机、二氧化碳压缩机和碳氢化合物压缩机等。不同制冷剂对材料及结构的要求也不同,如氨对铜有腐蚀故氨压缩机中不允许使用铜质零件(磷青铜除外);氟利昂渗透性较强,对有机物有溶胀作用,故对压缩机的材料及密封机构均有较高的要求。

1-3 按工作原理分类

根据气体压力提高的原理,制冷压缩机可分为容积型和速度型两大类。在容积型压缩机中,低压气体在气缸中直接受到压缩,原有体积被强制缩小,使单位容积内气体分子数目增加,从而达到提高压力的目的。容积型压缩机有两种结构形

式:往复式和回转式。往复式既包括活塞式又包括滑管式、斜盘式和电磁振动式等;回转式有螺杆式,滚动转子式、滑片式和涡旋式等型式。在速度型压缩机中,气体压力的提高是由气体的速度转化而来的,使气体的动能变为气体位能,使气体的压力得到相应的提高。速度型压缩机主要有两种形式——离心式和轴流式两大类。

1-4 制冷压缩机发展动态

当前,我国改革和对外开放正在不断深化,工农业产品市场已从国内扩展到国际范围。国际贸易的飞速发展迫切需要我国制订的有关标准向国际标准靠拢。标准的国际化工作正在政府的关注下由工业、农业、贸易部门在科研单位和高等学校的配合下积极地进行。目前,我国参照了国外一些具有较高权威的标准,组织制订了各类制冷压缩机的国家标准和专业标准,以此来促进我国产品性能、质量、可靠性和耐久性的提高,谋求生产、流通、使用各阶段的合理化。这些标准主要有容积式制冷压缩机性能试验方法标准,中小型活塞式单级制冷压缩机的型式、基本参数和技术条件标准,家用房间空气调节器的全封闭型电动机——压缩机标准,家用电冰箱全封闭型电动机——压缩机标准和喷油螺杆式单级制冷压缩机型式、基本参数等标准。

活塞式压缩机发展历史悠久,具有丰富的设计、制造和运行的经验,至今在各个领域中依然被广泛采用和得到发展。制冷压缩机的持续进步也反映在其种类的多样化方面,活塞式以外的各类压缩机型,如离心式、螺杆式、滚动转子式和涡旋式等都在被卓有成效地开发而各具特色,令人刮目相看。这对于从事制冷工程的技术人员在制冷压缩机类型的选择上提供

了更多的可能性。在这种背景下,活塞式压缩机的使用范围必受到影响而出现逐渐缩小的趋势,这种趋势在大冷量范围内表现得更显著。但是,在中小冷量范围内,实用上还是以活塞式压缩机为主。

随着压缩机本身可靠性和耐久性不断得到提高和压缩机紧凑轻量化的追求,制冷压缩机从开启式逐渐向封闭式发展是很自然的,如在日本,功率在 15~22kW 之间的活塞式压缩机中,90%以上实现了半封闭化;对于不能依赖外界维修的、船舶、车辆以及边远地区,便于现场维修的开启式压缩机还是有它的优势。

在小型制冷压缩机中,虽然回转式压缩机作为大批量生产的某些制冷设备(如电冰箱、房间空调器)的专用压缩机,其产量和应用较多,但在压缩冷凝机组这类通用机械中,活塞式压缩机的应用还是居多数。据统计在 100W~7.5kW 的小型封闭式压缩机中,活塞式占 75%。

为了提高制冷系统的综合运转性能,对制冷压缩机的容量控制能力提出了愈来愈高的要求。小型制冷压缩机本身从结构上难以设置合适的输气量调节机构。1980年,空调用变频器控制的产品 25~90Hz 的出现和应用是制冷空调装置技术进步中的重大创举,它不仅使空调器更迎合人们的舒适感要求,而且对膨胀阀、换热器等系统构件产生了很大的影响。如今,变频器控制在 7.5kW 以下的全封闭式制冷压缩机和 3~11kW 的半封闭式活塞式制冷压缩机上的应用已经商品化,预计这类变速压缩机将会成为未来的发展潮流。

根据 1990 年修订的蒙特利尔协定,为使大气臭氧层免遭破坏,减轻地球的温室效应,包括 R11, R12 在内的含氯氟烃(CFCs)制冷剂将被完全停止生产使用。为此,在国际范围内正谋求向对环境无害而具有相似性能的替代工质有计划和平

稳地过渡。迄今认为最有希望替代 R12 而用于活塞式蒸汽压缩式制冷空调系统的制冷剂有 R134a(HFC, ODP=0, GWP=0.26)和三元近共沸工质(HCFC22/HFC152a/HCFC124)系列等。当然,这些替代工质并不能完全达到原来 R12 的性能,但它们都安全、不可燃,饱和蒸气压力相接近,在制冷量和能耗方面具有可比拟的性能,能与 R12 系统中的许多结构材料相容并存。虽然如此,在改造已有设备以取用替代工质的过程中,犹需与设备制造工厂咨询研究,以求达到所花的代价最小而得益最大。它们实际上已经开始在汽车空调、家用电冰箱、冷冻箱、冷水机组、冷藏运输、制冰机、除湿机等方面得到应用。对于 R502 的替代,正在试验开发中的有 R125 和混合工质等。另外,有迹象表明,R22 在中低温制冷设备中有替代 R12 的趋势,当然随之还有一些技术问题有待克服,如压缩机排温过高、轴承负荷大和回油不足等。

2 往复式制冷压缩机

往复式制冷压缩机是应用曲柄连杆机构或其它方法,把原动机的旋转运动转变为活塞在气缸内作往复运动而进行压缩气体的。它的应用最广,具有良好的使用性能和能量指标。但是,往复运动零件引起了振动和机构的复杂性,限制了它的最大制冷量,一般小于500kW(考核工况)。往复式制冷压缩机包括滑管式、斜盘式和电磁振动式等。下面将重点介绍活塞式制冷压缩机。

2-1 活塞式制冷压缩机概述

在各种类型的制冷压缩机中,活塞式压缩机是问世最早、至今还广为应用的一种机型,这无疑是因为它具有一系列其它类型压缩机所不及的优点:

1)能适应较广阔的压力范围和制冷量要求。

2)热效率较高,单位耗电量较少,特别是在偏离设计工况运行时更为明显。

3)对材料要求低,多用普通钢铁材料,加工比较容易,造价也较低廉。

4)技术上较为成熟,生产使用上积累了丰富的经验。

5)装置系统比较简单。相比之下,螺杆式制冷系统中需要装设大容量油分离器;离心式制冷机系统中要配置工艺要求高的增速齿轮箱、复杂的润滑油系统和密封油系统等。

活塞式压缩机的上述优点使它在各种制冷用途,特别是

在中小制冷量范围内,成为制冷机中应用最广、生产批量最大的一种机型。但是,与此同时,也要看到活塞式压缩机也有其不足之处:

1)转速受到限制。单机输气量大时,机器显得笨重,电动机体积也相应增大。

2)结构复杂,易损件多,维修工作量大。

3)运转时有振动。

4)输气不连续,气体压力有波动等。

随着喷油螺杆式和离心式压缩机的迅速发展,它们在大制冷量范围内的优越性——结构简单紧凑、振动小、易损件少和维修方便等日益显示出来。因而,一般倾向认为将活塞式制冷机的制冷量上限维持在 350~550kW 以下是较为合适的,我国高速多缸压缩机系列中最大的 8AS17 型氨制冷压缩机的中温考核工况制冷量为 512kW。

2-1-1 活塞式制冷压缩机的分类

活塞式制冷压缩机的型式和种类较多,而且有多种不同的分类方法。目前常见的有下列几种。

(1)按制冷量的大小分类

按制冷量大小压缩机可分为大型、中型和小型三种,但是,迄今制冷量的划分界限尚无统一的标准。一般认为,单机中温考核工况制冷量在 550kW 以上的为大型制冷压缩机;25kW 以下的为小型;居中的属中型。按照我国国家标准 GB10871-89 和 GB10874-89 规定,配用电动机功率不小于 0.37kW、气缸直径小于 70mm 的压缩机为小型活塞式制冷压缩机;气缸直径为 70~170mm 的压缩机为中型活塞式制冷压缩机。我国的高速多缸系列产品均属中小型压缩机的范围,