

风机和压缩机 设计与应用

FENGJI HE YASUOJI SHEJI YU YINGYONG

张展 主编



 机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

风机和压缩机的 设计与应用

主 编 张 展

参 编 曾建峰 张弘松 邢淮阳 杨富松



机械工业出版社

本书主要介绍风机和压缩机的设计与应用,内容主要包括风机和压缩机的分类及其应用、风机的设计、活塞式压缩机、多级轴流式压缩机的设计以及风机和压缩机的术语,内容新颖,图文并茂,编写时注重先进性、科学性,简明实用。

本书适合从事风机、压缩机设计与制造的工程技术人员使用,也适合大专院校相关专业师生阅读参考。

图书在版编目(CIP)数据

风机和压缩机的设计与应用/张展主编. —北京:
机械工业出版社, 2014. 12
ISBN 978 - 7 - 111 - 48527 - 8

I. ①风… II. ①张… III. ①风机②压缩机
IV. ①TH4②TH45

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 265937 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: 黄丽梅 责任编辑: 黄丽梅 张丹丹

版式设计: 霍永明 责任校对: 任秀丽

封面设计: 马精明 责任印制: 刘 岚

北京京丰印刷厂印刷

2015 年 1 月第 1 版·第 1 次印刷

169mm × 239mm · 11.75 印张 · 232 千字

0 001—3 000 册

标准书号: ISBN 978 - 7 - 111 - 48527 - 8

定价: 32.00 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

社服务中心: (010) 88361066

销售一部: (010) 68326294

销售二部: (010) 88379649

读者购书热线: (010) 88379203

策划编辑电话: (010) 88379770

网络服务

教材网: <http://www.cmpedu.com>

机工官网: <http://www.cmpbook.com>

机工官博: <http://weibo.com/cmp1952>

封面无防伪标均为盗版

前 言

风机和压缩机都是用于输送气体的机械，从能量转换观点来看，其又都是将原动机的机械能转换为气体的动能和压力的机械，在石油和化学工业、矿山和冶金工业、航空航天和航海工程、能源工程和车辆工程等国民经济的各个部门都有广泛的应用。由于应用场合、性能参数、输送介质和使用要求的不同，风机和压缩机的品种及规格繁多，其结构型式多种多样。

为了适应教育、生产、科研工作的需要，我们编写了《风机和压缩机设计与应用》。在编写时，注重先进性、科学性、实用性，内容新颖、图文并茂，力求简明实用。

全书由张展主编统稿，曾建峰、张弘松、邢淮阳、杨富松参与编写与整理。

在编写过程中，本书得到上海交通大学张国瑞教授、同济大学归正教授的支持。洛阳矿山机械工程设计研究院副所长赵宗立高级工程师、上海电力环保设备总厂有限公司龚建民高级工程师也参与了部分编写与审稿工作，在此深表感谢。

本书旨在抛砖引玉，其中若有不妥之处，敬请广大专家、学者及读者批评指正。

编 者

目 录

前言

第 1 章 风机和压缩机的分类及其应用	1
1.1 风机和压缩机的分类	1
1.2 风机和压缩机的应用	5
1.3 通风机的结构和主要性能参数	9
1.4 型式与分类	13
1.5 性能与设计	14
1.6 零部件	19
1.7 运行与试验	22
1.8 装置与辅助设备	25
1.9 气动与几何参数	27
1.10 简图、公式中的名称与单位	29
第 2 章 风机的设计	31
2.1 通风机	31
2.1.1 主要性能参数	31
2.1.2 结构	36
2.1.3 测绘	37
2.2 离心式通风机的设计	50
2.2.1 方案选择	50
2.2.2 设计计算步骤	51
2.2.3 离心式通风机设计计算实例	56
2.3 轴流式通风机的设计	60
2.3.1 轴流式通风机的量纲一的系数	61
2.3.2 设计计算步骤	64
2.3.3 设计计算实例	66
2.4 鼓风机和压缩机	68
2.4.1 基本结构	68
2.4.2 轴流式鼓风机和压缩机	69
2.4.3 鼓风机、压缩机常用材料	71
2.5 通风机基本型式与结构	72
第 3 章 活塞式压缩机	88
3.1 活塞式压缩机的分类及其组成	88
3.2 活塞式压缩机的主要性能参数	92
3.3 活塞式压缩机的主要零部件	93

第4章 多级轴流式压缩机的设计	108
4.1 轴流式压缩机的结构与设计	108
4.1.1 轴流式压缩机的结构	108
4.1.2 多级轴流式压缩机中流体流动的特点	109
4.1.3 基本参数的沿级变化	112
4.1.4 进气室和排气室的计算	118
4.1.5 确定首级、末级的参数与压缩机的级数	121
4.1.6 逐级进行热力气动计算	125
4.1.7 原始翼型与叶片造型	127
4.2 轴流式压缩机的设计步骤	131
4.3 多级轴流式压缩机的设计实例	132
第5章 风机和压缩机的术语	146
5.1 工业通风机、鼓风机和压缩机术语	146
5.2 冷暖通风设备术语	157
5.3 容积式压缩机术语	166
5.4 往复压缩机术语	167
参考文献	179

第 1 章 风机和压缩机的分类及其应用

风机和压缩机是用于输送气体的机械，从能量转换的观点来看，其又都是将原动机的机械能转化为气体的动能和压力能的机械。风机和压缩机广泛应用于国民经济的各个领域，尤其是矿山、冶金、石油、化工、航空航天、航海、能源和车辆工程等领域。

1.1 风机和压缩机的分类

1. 按产生的压强高低分类

按照升压的高低，输送气体的机械分为通风机、鼓风机和压缩机。我国 JB/T 2977—2005《工业通风机、透平鼓风机和压缩机 名词术语》规定：

- 1) 升压小于 30kPa 的机械称为通风机。
- 2) 出口表压强在 30kPa ~ 0.2MPa 之间的机械称为鼓风机。
- 3) 出口表压强大于 0.2MPa 的机械称为压缩机。

2. 按工作原理分类

风机和压缩机按工作原理不同可分为三类：

(1) 容积式 容积式包括活塞式（见图 1-1）和回转式，后者又可分为滑片式（见图 1-2）、罗茨式（见图 1-3）和螺杆式（见图 1-4）等。

(2) 叶片式 叶片式又称透平式，包括离心式（见图 1-5）、混流式（见图 1-6）、轴流式（见图 1-7）和横流式（见图 1-8）。

(3) 喷射式如图 1-9 所示。

活塞式风机（又称为往复式风机）通常由两部分组成：一部分是直接和气体进行能量交换的工作端，另一部分是和其他机械进行动力传递的传动端。工作端主要包括缸体、活塞（或柱塞）、吸入阀和排出阀。

现以工作过程的示功图（见图 1-1a）来说明活塞式风机的工作原理。示功图的横轴为缸体的容积，纵轴为缸体内气体的压强。当用作气体输送机械时，缸体内的压强沿 ABCD 线按

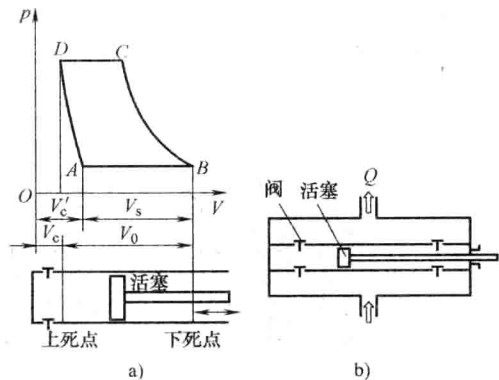


图 1-1 活塞式风机工作过程的示功图
a) 活塞式风机的工作原理 b) 单缸活塞式风机

逆时针方向变化。在活塞向右方移动的瞬间，缸体内的压强降到 A 点，这时吸入阀开启，排出阀关闭，随着活塞向右移动，低压气体被吸入缸体，这期间缸体内的气体压强保持不变，吸入过程至活塞移动到缸体容积最大的下死点 B 为止，随后排出过程开始。在活塞向左移动的瞬间，缸体内的压强从 B 点上升到 C 点，吸入阀关闭，排出阀开启，活塞继续向左移动并排出高压气体，至活塞到达缸体容积最小的上死点 D 为止。活塞往复一次完成一个工作循环。图 1-1b 所示为单缸活塞式风机的示意图。

在回转式风机中，转子和壳体之间（或两个转子之间）形成封闭气体的工作腔，当转子转动时，工作腔的容积发生变化，以达到和气体交换能量的目的。回转式机械的工作原理和往复式机械相同，但回转式风机不再设置吸入阀和排出阀，而代之以和叶片式风机相似的吸入口和排出口。

回转式风机圆筒状的转子上开有沟槽，槽内装有可以自由滑动的叶片，称作滑片，转子中心偏离壳体中心。如图 1-2 所示，当转子转动时，滑片在离心力的作用下向外滑出紧压在壳体内壁上，同时滑片和壳体围成的工作腔容积沿周向变化。调节转子的偏心量可以改变流量。用于气体时，为了提高滑片和壳体之间的密封效果并加强润滑，有时可以采取喷油的措施。喷油对压缩机可以起到冷却气体、减少能耗的作用。

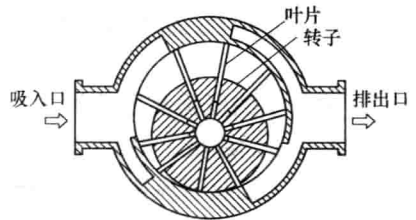


图 1-2 滑片式风机

图 1-3a 所示为一台双叶回转式风机的示意图。两个转子由一对同步齿轮驱动作反向旋转，在转动过程中，转子表面和壳体内壁围成的工作腔容积周期性地变化。转子之间保持很小的间隙，以免互相接触，因而不需要润滑，寿命长。由于间隙对泄漏效率有影响，所以该种机械不宜用于高压流体，多用来输送气体，罗茨式风机的一种。转子型线有由外摆线和内摆线组合而成的组合摆线、基圆半径等于转子节圆半径的 $1/\sqrt{2}$ 的渐开线以及包络线等。此外，还有图 1-3b 所示的单叶回转式、图 1-3c 所示的三叶回转式以及更多叶的回转式等。

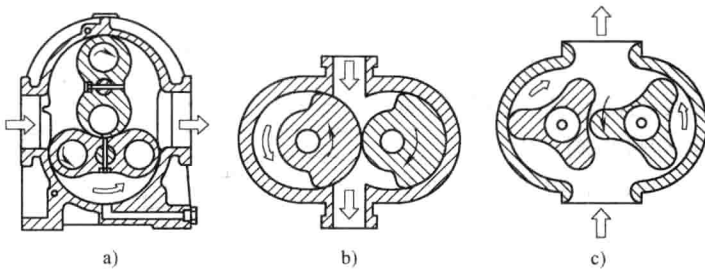


图 1-3 罗茨式

a) 双叶回转式 b) 单叶回转式 c) 三叶回转式

图 1-4 所示为三螺杆式风机，是由瑞典 IMO 公司发明的。该风机的转子由一根主动螺杆和两根从动螺杆组成。从理论上讲，采用摆线和次摆线的组合型线作为齿形的双线螺纹，主、从动螺杆间的啮合线能将螺旋槽严密地切断，从而形成完全封闭的工作腔。为了保持运行平稳，在设计从动螺杆的齿形时，还应使作用在螺旋表面上的气体压强对从动螺杆形成一很小的力矩，用以克服摩擦，保证从动螺杆自行转动，避免和主动螺杆之间有动力传递。三螺杆式机械的摩擦损失小，使用转速高。

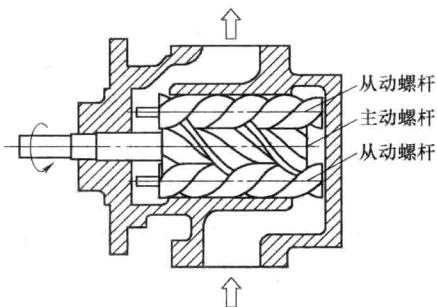


图 1-4 三螺杆式风机

在叶片式风机中，离心式风机和压缩机是应用最广泛的一种。在图 1-5 所示的离心式风机中，气体在几乎与转动轴线垂直的流面上流过叶轮。由于这种形式的风机主要是利用转动离心力来产生压强升，而一般说来，该部分压强升总是远大于相对速度改变产生的压强升，故适用于高压升的情况。不过，该种风机的使用流量相对较小，因为如果叶片的轴向宽度过大，将会导致效率下降。因此，离心式风机通常用于高压强升和小流量的情况。

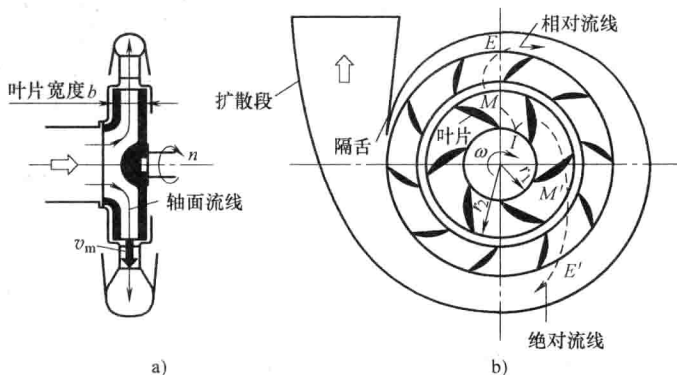


图 1-5 离心式风机

a) 离心式风机轴面图 b) 离心式风机剖面图

目前，混流式风机的应用也日益广泛。图 1-6 所示为混流式风机的剖面图，它主要由叶轮、扩压器和蜗壳等部分组成。混流式风机的叶轮轮毂和主体风筒的形状为圆锥形。一般，气体沿轴向进入叶轮，而气体在叶轮中的流动方向与轴线成某一角度，气体的流动具有强烈的三维特征。混流式风机兼有离心式和轴流式风机的特点，其压力系数高于轴流式风机，而流量系数比离心式风机高。

如图 1-7 所示，轴流式通风机由轮毂 1、叶片 2、轴 3、外壳 4、集流器 5、整流罩 6、导叶 7、扩散器 8 等部分组成。根据所需要的压强和动叶轮数目不同，轴

流式通风机又分为单级（见图 1-7a）和多级（见图 1-7b）两种。多级轴流式通风机上还有后级叶轮和后导叶。在轴流式通风机中，流体质点基本上沿着以转动轴线为中心的圆柱面或圆锥面流动。在同一流面上，叶轮进口和出口处的圆周速度基本相同，其压强升主要由扩压产生，因此，轴流式通风机的压强升比离心式低。由于轴流式通风机叶片根部的圆周速度较小，不可能产生很大的压强升，这也限制了其单级压强升的提高，因为尽管叶片端部可以产生较高的压强升，但如果叶片端部和根部之间的压强升差别过大，在根部会发生回流而影响性能。另外，当流量变化时，叶片端部和根部的过流情况也随之改变，因而轴流式通风机的最高效率也比离心式低。但是，由于轴流式通风机叶轮的进口断面面积较相同外径的离心式叶轮大，所以过流能力较大。由此可知，轴流式通风机一般用在低压强升、大流量的场合。

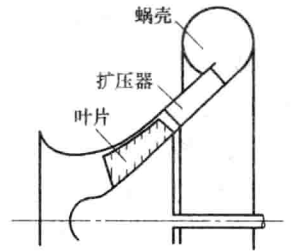


图 1-6 混流式风机的剖面图

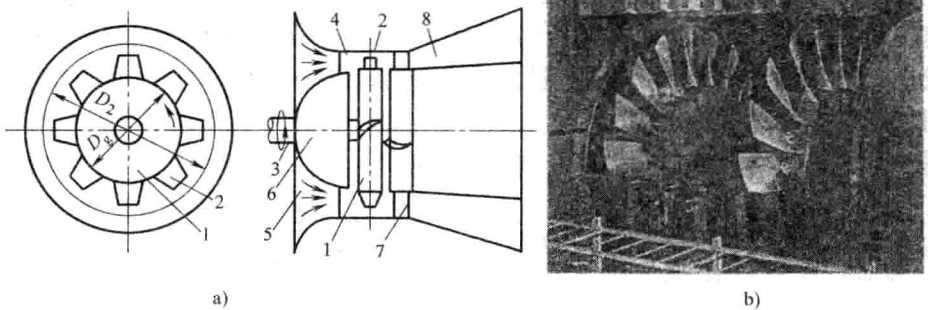


图 1-7 轴流式通风机

a) 单级轴流式通风机 b) 多级轴流式通风机

1—轮毂 2—叶片 3—轴 4—外壳 5—集流器 6—整流罩 7—导叶 8—扩散器

图 1-8 所示为横流式风机的工作原理示意图，过流部分由叶轮、蜗壳和隔舌组成，叶片采用不扭曲的二元前弯叶片。当不带壳体的叶轮在流体中开始转动时，由于离心力的作用，叶轮内的气体被向外排出，在叶轮中心部分形成低压区。低压达到一定程度后，叶轮外的气体在叶轮的部分区域开始回流，并形成横穿叶轮的流动，即流体从叶轮的一部分区域流入而从另一部分区域流出，同时在流入流出区域的相间处产生中心不在叶轮旋转中心的偏心旋涡。偏心旋涡的中心位置沿着圆周向叶轮旋转的方向缓慢地移动，

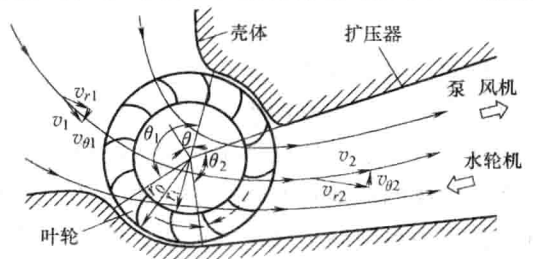


图 1-8 横流式风机的工作原理示意图

从而导致气体的流入、流出方向也不断地改变。当在叶轮外配置不对称的蜗壳以后，旋涡中心的位置被固定在隔舌附近，流动方向也稳定下来，这样就构成了可供使用的横流式气体输送机械。若使流体从相反的方向流入，带动叶轮转动以输出动力，这就成为了横流式流体动力机械。

喷射式风机主要由喷嘴、吸入室、混合室和扩散管等部分组成，如图 1-9 所示。高压流体（工作流体）通过喷嘴加速喷出时，由于湍流黏性应力的作用，将喷嘴附近的气体带走，使那里形成负压区，吸入室内的气体被吸入，在混合室内与射流混合并进行能量交换，能量趋于一致的混合流体进入扩散管后将大部分动能转换为压强能。由于是通过两种速度不同的流体混合来传递能量，故射流风机的损失较大，最高效率为 30% ~ 40%。不过，因为此种风机结构简单，工作可靠，使用方便，所以被广泛用于高温、高压等特殊工作条件下。

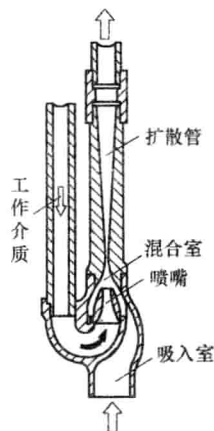


图 1-9 喷射式风机

本书主要介绍叶片式风机中离心式和轴流式通风机和压缩机的原理及气动设计，在此基础上读者不难了解其他类型风机和压缩机的原理和气动设计。

1.2 风机和压缩机的应用

风机和压缩机广泛应用于国民经济的各个领域和人们的日常生活中。例如，在家庭中广泛使用的电风扇和吹风机，计算机中的冷却风扇，空调机和电冰箱中的制冷压缩机等均是风机和压缩机的实际应用。应用场合不同，对尺寸和性能方面的具体要求也不同。例如，空调制冷系统的压缩机要求尺寸小、重量轻、密封性好、制冷量大、噪声小、抗振性好，且在不同的运行工况下都能正常工作。常用的制冷压缩机类型主要有以下几种：

(1) 斜盘式压缩机 斜盘式压缩机分为单向和双向两种，气缸数一般有 5、6、10 等几种，斜盘的运动使进入气缸的润滑油飞溅到各润滑部位，高速时容积效率低。

(2) 旋转滑片式压缩机 滑片式压缩机的气缸有圆柱面和椭圆面两种，前者的转子在气缸内偏心配置，后者为同心配置。滑片安装在转子上的纵向凹槽内，转子旋转时通过离心力使滑片紧贴气缸壁，故低速时容积效率高。这种压缩机结构简单，成本低。

(3) 滚动活塞式压缩机 压缩机的滚动活塞装在曲轴上，自转的同时绕气缸中心线公转，转子与气缸的接触点转到进口处时开始吸气，到下侧时停止吸气，转子旋转，容积减小，气压升高，高于排气压强时排气。这种压缩机易损件较少、寿

命长。

(4) 汪克尔式 (Wangkel) 压缩机 汪克尔式压缩机又称摆线式压缩机, 于 1962 年由德国的 Borsig 公司生产。它的气缸型线为双弧外摆线, 转子为三顶点内包络线, 两者同一方向旋转改变基元容积大小。该压缩机采用接触式密封, 可靠性和稳定性高, 但高速时容积效率较低。

(5) 螺杆式压缩机 螺杆式压缩机靠气缸内螺杆的回转造成螺旋状齿形空间的容积变化来完成气体的压缩过程。为适应车用空调小而轻的要求, 螺杆式压缩机需要向小型化发展, 但存在相对泄漏量大、相对喷油量多、动力损失大、对轴承的要求较高等问题, 必须进一步提高压缩机的性能。

(6) 涡旋式压缩机 涡旋式压缩机是用于车辆空调系统较为理想的一种容积式压缩机, 近年来备受重视而发展迅速。涡旋式压缩机的动涡旋盘借助曲轴机构绕静涡旋盘转动, 两者之间形成月牙腔。压缩机工作时, 静涡旋盘外侧的进气口引入气体封闭于月牙腔内, 气体在向中心运动过程中容积减小, 压强提高, 最后通过静涡旋盘轴向中心孔排出。

以下举例说明风机和压缩机在国民经济主要工业部门中的应用。

在煤炭工业中, 通风机用于矿井井下通风, 根据通风机服务区域的不同又分为主通风机和局部通风机 (简称主扇和局扇)。

在冶金工业中, 鼓风机为高炉和各种冶炼设备提供氧气或空气。

在石油天然气工业中, 压缩机是气举法开采原油的关键设备。气举法是用高压压缩机, 将天然气加压注入油层夹管和油管的环形空间, 再使油气混合物沿油管举升到地面。为了更有效、更容易地使油气混合物举升到地面, 必须提高加注天然气的压强, 因此活塞式压缩机和透平压缩机是比较合适的压缩机械。

随着石油化工和化工工业的发展, 压缩机被广泛用来压缩和输送石油化工和化工生产过程中的气体。近 30 年来, 由于离心压缩机技术和水平的不断提高, 离心压缩机已经成为石油化工和化工生产过程中应用最广泛的压缩机。下面介绍具有代表性的日产 30 万吨乙烯生产装置中的三种压缩机以及大化肥装置的五种压缩机。

乙烯是衡量一个国家石油化工工业发展水平的重要标志, 是生产石化产品中最基础的原料, 因此乙烯装置在石油化工中具有特别重要的地位。与乙烯装置配套的简称为“三机”的压缩机, 包括裂解气压缩机、丙烯压缩机和乙烯压缩机。

由美国德莱赛兰和日本三菱重工 (MH) 合营的 MD-R 公司是我国乃至全球乙烯用压缩机最大的供应商。此外, 意大利的新比隆公司、德国的伍德公司和德马格公司、丹麦的诺文科公司以及日本日立制作所等也都是世界上著名的压缩机制造商。我国的沈阳鼓风机厂基本上代表了我国离心式压缩机的技术水平。目前, 我国现有的乙烯装置配套的“三机”基本上都是引进的, 如目前已投产的 30 万吨乙烯装置中的三种压缩机基本上都是从 MD-R 公司引进的, 其基本参数见表 1-1。

表 1-1 乙烯装置中的三种压缩机的基本参数

压缩机		型号	级数	介质	进口流量/ (m ³ /h)	进口温度 /℃	进口压强 /MPa	出口压强 /MPa	转速/ (r/min)	总功率/ kW
裂解气 压缩机	低压缸	4M9-5	5	裂解气	95509	40	0.135	0.579	5105	17606
	中压缸	4M3	3		22003	38	0.539	1.133		
	高压缸	3M10-8	8		12037	40	1.023	3.793		
丙烯压缩机		4M-9	9	丙烯气	14888	-40	0.133	1.706	4638	13792
乙烯压缩机		4M-7	7	乙炔气	7229	-101	0.109	1.873	9777	2368

大化肥装置中应用的离心式压缩机包括原料气压缩机、空气压缩机、合成气压缩机、氨压缩机和二氧化碳压缩机。表 1-2 所示为大化肥装置中的五种压缩机的基本参数。图 1-10 所示为离心式压缩机的外形图和内部结构图。

表 1-2 大化肥装置中的五种压缩机的基本参数

压缩机		型号	级数	介质	进口流量/ (m ³ /h)	进口温度 /℃	进口压强 /MPa	出口压强 /MPa	转速 /(r/min)	总功率 /kW
空气 压缩机	低压缸	5CK57	3	空气	54080	162	0.0913	0.634	6600	7983
	高压缸	7CK31	7		7935	169	0.599	3.691	10700	
原料气 压缩机	低压缸	9C26	9	原料气	8878	32.22	0.431	1.472	10800	4075
	高压缸	9B26	9		2750	43.33	1.423	4.493	10800	
合成气 压缩机	低压缸	2BC9	9	合成气	6359	37.78	2.573	6.510	10372	16868
	高压缸	2BF9-8	8		2346	7.78	6.370	15.292	10372	
氨压缩机	低压缸	4C57	4	氨气	34715	-32.2	0.101	0.330	6700	9165
	高压缸	7CK45	7		26011	30.7	0.327	1.898	8900	
二氧化 碳压缩机	低压缸	2MCL607	7	二氧 化碳	27636	40	0.96	2.1	7200	7210
	高压缸	2BCL306/A	6		27636	42	2.05	14.4	13900	

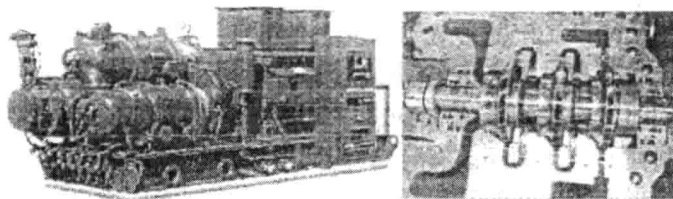


图 1-10 离心式压缩机的外形图和内部结构图

在航空工程中,空气喷气发动机是目前飞机上用的主要航空发动机,在形式上它可以分为无压缩机的空气喷气发动机和燃气涡轮发动机两种。前者可分为超声速

冲压式发动机和高超声速冲压式发动机，后者可分为涡轮喷气发动机（见图 1-11）、加力式涡轮喷气发动机、涡轮风扇发动机（见图 1-12）、加力式涡轮风扇发动机、涡轮螺旋桨发动机和涡轮轴发动机。在燃气涡轮发动机中就用到了压缩机。

涡轮喷气发动机是以空气作为介质的，空气通过进气道进入压缩机进行压缩，提高压强，从压缩机流出的高压空气在燃烧室与喷入的燃料混合燃烧，形成很高能量的高温高压燃气，进入涡轮膨胀并部分变为机械能带动压缩机旋转，从涡轮流出的高温高压燃气在尾喷管继续膨胀，并沿发动机轴向以高速从

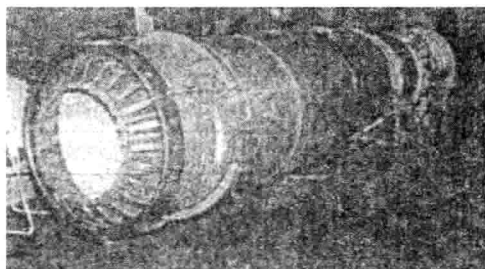


图 1-11 涡轮喷气发动机

喷口向外喷出，从而使发动机获得反作用推力。在燃气涡轮发动机中，压缩机和涡轮都由旋转的和静止的叶片组成，压缩机的作用是提高流过它的空气总压。

以柴油作为主要燃料的柴油机动力装置是目前使用较为广泛的且具有较高经济性的动力推进装置，在柴油机装置中就用到压缩机。压缩空气系统中有空气压缩机，用来启动主机和发动机组及其他需要压缩空气的设备。

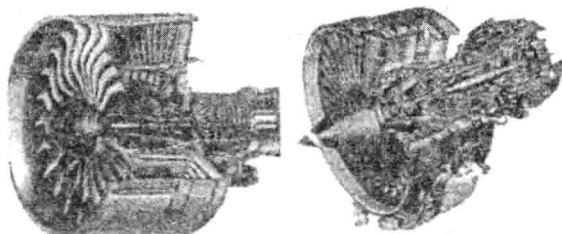


图 1-12 涡轮风扇发动机

船用和车用发动机已广泛采用增压技术来改善发动机性能，以提高发动机动力性、经济性和

降低废气排放。因为在车用发动机中使用涡轮增压器能有效地提高发动机的平均有效压强，从而大幅度地提高发动机的比功率和燃油经济性；同时又能降低噪声和废气中的有害成分；并随着技术的发展，在改善发动机的转矩特性、提高发动机的低速性能和加速响应特性等方面也发挥了重要的作用。车用发动机涡轮增压器主要由压气机部分、涡轮部分、中间部分等组成。车用发动机涡轮增压器要求整体结构尺寸小、重量轻、效率高、可工作范围广、寿命长以及成本低，这就使得结构形式上有其特殊性。压缩机一般为径流离心式，由进口段、叶轮、扩压器和集气器组成。进口段设计成圆柱形，有的还装有导向叶片；叶轮选用摩擦损失和流动阻力较小、结构又较简单的半开式，普遍采用径向叶片，目前在小型增压器中已开始并越来越多地采用前倾后弯叶片，以提高效率，扩大流量范围；扩压器多采用无叶扩压器，虽最高效率较低，但随流量变化平稳，能适应较宽的流量范围；集气器的形状为蜗壳状或等截面状，视增压器在发动机中的位置和进气管数目而定。图 1-13 所示为离心式压缩机叶轮。

在水电站以及铁路和公路建设、矿山建设、水利和土建工程的供气系统中广泛使用活塞式压缩机（见图 1-14），它又分为移动式 and 固定式。水电站供气系统分低压空气系统和高压空气系统，前者的压强一般为 0.7MPa，主要负责机组制动、机组调相压水、维护检修及空气围带用气；后者压强为 2 ~ 3MPa，负责油压装置的用气。电站供气系统由空压机、储气罐、气水分离器、各种阀门及监控装置等组成。热电厂锅炉中的重要设备有送风机和引风机（见图 1-15）。送风机的作用是向炉膛供给燃烧所需的空气。空气温度与室温相同，所需风压不超过 15kPa，属于通风机的范围。送风机普遍采用机翼型后弯式叶片离心风机，目前大容量机组多采用轴流式风机。离心式送风机一般采用双速电动机驱动，并配有入口导流器调节风量；轴流式送风机则可以通过变角度调节来改变风量。

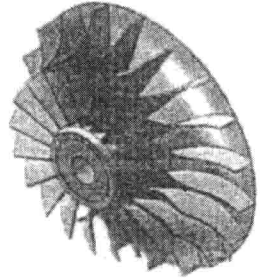


图 1-13 离心式
压缩机叶轮



图 1-14 活塞式压缩机

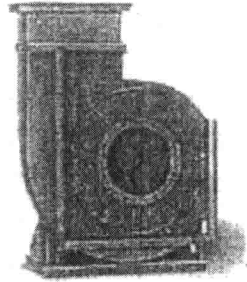


图 1-15 离心式引风机

引风机用于将燃料在锅炉中燃烧后产生的高温烟气排入到大气中去。烟气温度较高，通常在 150 ~ 200℃，故需要引风机的轴承具有良好的冷却条件。由于烟气中带有飞灰，引风机易磨损，一般采用板式叶片。对于除尘效率高或者用于燃油锅炉的引风机，可以采用后弯机翼型离心风机或者轴流式风机，轴流式风机用作锅炉引风机将是今后发展的趋势。

1.3 通风机的结构和主要性能参数

1. 通风机的结构

轴流式通风机主要由集流器、整流罩、叶轮、导叶、机壳、扩散器（包括外筒和流线体）等部分组成，单级和多级轴流式通风机的结构如图 1-7 所示。图 1-16 所示为常见的单吸离心式通风机的结构。离心式通风机主要由集流器和进风箱、叶轮、传动轴、蜗壳、出风口等部件组成。

1) 集流器的作用是将气体平滑地导入叶轮，因此，集流器的形状需要精心设

计和制作，以保证叶轮入口具有良好的气流状态。进风箱只用在大型的或双侧进风的离心式通风机上，其主要作用是使轴承装在通风机机壳的外面，便于安装和检修。进气箱的出口与集流器的入口相连接。

2) 叶轮是通风机的核心部件，它由原动机驱动，叶轮旋转时便将原动机的机械能传递给气体，使气体的压强升高。离心式通风机的叶轮一般由轮毂、轮盘、叶片和轴盘组成，其结构有焊接和铆接两种形式。叶片有后弯、前弯和径向三种形式。

3) 蜗壳是由蜗板和左右两块侧板焊接或咬口而成的。蜗壳的作用是汇集从叶轮流出的气体，并引导至蜗壳出口，再把气体输送到管道中或直接排放到大气中去。有的通风机的蜗壳还可将气体的部分动能转变为静压能。为了制作方便，蜗壳一般设计成等宽度截面。

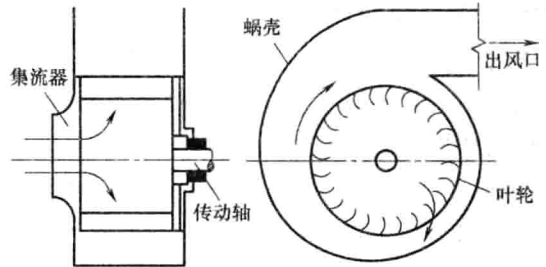


图 1-16 离心式通风机的结构

此外，有的离心通风机还装有前导器，它由可调节的叶片制成，其作用是采用改变叶片角度的方法，获得不同的风机性能，以扩大通风机的的工作范围。轴向前导器装在集流器的通道内，径向前导器装在进风箱内。有的风机出口还装有扩散器，其作用是将出口气流的部分动能转变为静压能，以减少出口的动压损失。扩散器紧接蜗壳的出口，其截面一般为方形或圆形。

2. 通风机的主要性能参数

流量、升压、功率、效率、噪声和转速等是表征通风机性能的主要参数。

(1) 流量 通风机的流量一般是指单位时间内流过通风机进口截面的气体体积，又称体积流量，单位为 m^3/s 、 m^3/min 或 m^3/h ，可依次用 Q_s 、 Q_{min} 或 Q_h 表示。

通风机的容积流量，如无特殊说明，是指单位时间内流过入口截面的空气在标准状况下的体积，即在压强为 101325Pa 、温度为 20°C 、相对湿度为 50% 时的体积，其密度为 $1.2\text{kg}/\text{m}^3$ 。

当介质非空气或为非标准状态的空气时，需按实际情况计算其密度。例如当通风机用于抽引锅炉的烟气时，可根据烟气的成分、温度、压强按混合气体的计算方法求出其密度。

因为通风机内气体的升压不太高，一般可忽视其压缩性。因此，通风机的容积流量为单位时间内流过通风机内任一截面的气体体积。

通风机的流量有时也用质量流量表示。质量流量是指单位时间内流过通风机进口截面的气体质量，单位为 kg/s 、 kg/min 或 kg/h ，可依次用 $Q_{m,s}$ 、 $Q_{m,\text{min}}$ 或 $Q_{m,h}$ 表示。

(2) 升压 根据不可压缩流体的伯努利方程, 流过某截面的单位体积流体具有的总能量包括势能和动能两部分。对于气体, 若不考虑重力的影响, 单位体积气体具有的势能可用气体的压强 p_{st} 表示, 称为气体的静压。单位体积气体具有的动能可用流动速度产生的动能 p_d 表示, 称为气体的动压。过流截面上气体的静压与动压之和称为气体的全压, 亦即流过截面的单位体积气体具有的总能量。用 p 表示全压。于是, 可得关系式

$$p = p_{st} + p_d \quad (1-1)$$

式中 p 、 p_{st} 和 p_d 的单位均为 Pa。

通风机的全压是指通风机出口截面上气体的全压与通风机进口截面上气体的全压之差, 即单位体积的气体流过通风机后所获得的总能量。通常把通风机的全压称为通风机的升压。如用下标 1 和 2 表示通风机的入口截面和出口截面, 用 Δp 表示通风机的升压, 则

$$\Delta p = (p_{st2} + p_{d2}) - (p_{st1} + p_{d1}) \quad (1-2)$$

在截面上气体流动速度较均匀的情况下, 截面上气体的动压可用下式表示:

$$p_d = \frac{\rho}{2} v^2 \quad (1-3)$$

式中 v ——流过截面的气体平均速度 (m/s);

ρ ——气体的密度 (kg/m^3)。

因此, 式 (1-2) 可写成

$$\Delta p = \left(p_{st2} + \frac{\rho}{2} v_2^2 \right) - \left(p_{st1} + \frac{\rho}{2} v_1^2 \right) \quad (1-4)$$

通风机的动压是指通风机出口截面上气体的动压, 即通风机中未被利用的能量, 用 Δp_d 表示, 可写成

$$\Delta p_d = p_{d2} = \frac{\rho}{2} v_2^2 \quad (1-5)$$

通风机的全压与通风机的动压之差, 称为通风机的静压, 即被有效利用的能量, 用 Δp_{st} 表示, 可写成

$$\Delta p_{st} = \Delta p - \Delta p_d \quad (1-6)$$

(3) 功率 通风机所输送的气体在单位时间内从通风机中获得的能量称为通风机的有效功率或全压有效功率, 用 P_e 表示, 单位为 kW。对于通风机来讲, 一般不考虑气体的压缩性, P_e 的计算公式为

$$P_e = \frac{\Delta p \cdot Q_s}{1000} \quad (1-7)$$