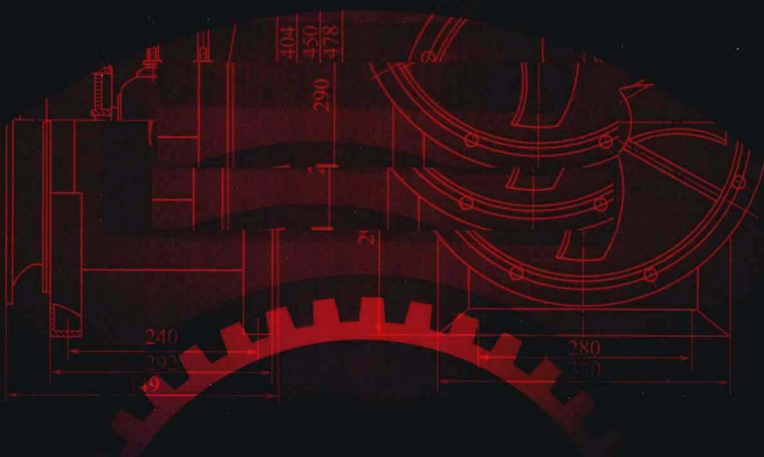




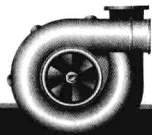
TONGFENGJI
SHEJI YU XUANXING

通风机 设计与选型

张玉成 仪登利 冯殿义 等编



化学工业出版社

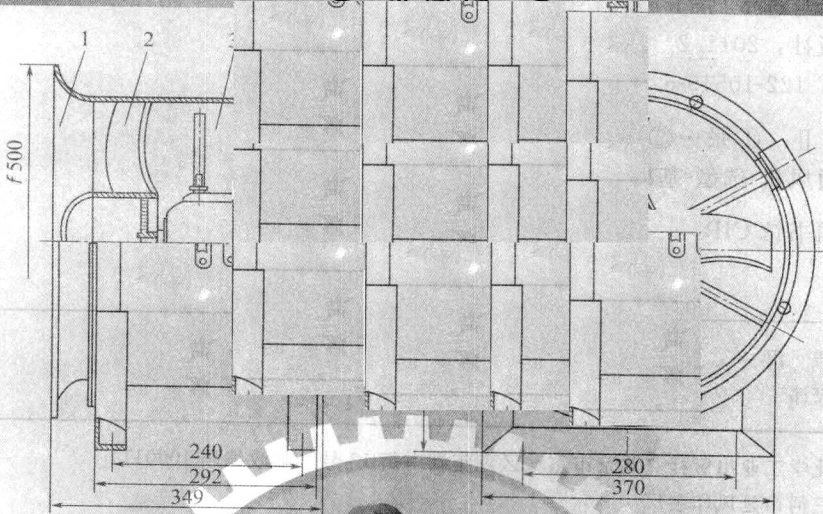


TONGFENGJI
SHEJI YU XUANXING

通风机

设计与选型

张玉成 仪登利 冯殿义 等编



化学工业出版社

·北京·

本书分为四篇，共十八章。全面系统地介绍了通风机设计与选型的基础知识、通风机管网系统设计、离心式通风机和轴流式通风机设计、通风机的选型四个方面的内容。适合于从事风机设计、制造、使用和教学等方面的相关技术人员及师生参考阅读。

图书在版编目 (CIP) 数据

通风机设计与选型/张玉成, 仪登利, 冯殿义等编. —北京:
化学工业出版社, 2011. 2
ISBN 978-7-122-10519-6

I. 通… II. ①张…②仪…③冯… III. ①通风机-设计-
基础知识②通风机-选型-基础知识 IV. TH43

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 020488 号

责任编辑: 辛 田

文字编辑: 陈 喆

责任校对: 宋 玮

装帧设计: 张 辉

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 装: 三河市延风印装厂

787mm×1092mm 1/16 印张 25 字数 631 千字 2011 年 5 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 72.00 元

版权所有 违者必究



前言

风机是用于输送气体的通用机械。随着国民经济的发展,风机的应用领域越来越广泛,在矿井、地下工程、农业、化工、炼油、制药、核工业等各个领域都得到普遍应用。我国从1958年开始生产制造风机,从依赖国外进口到自行研制,我国的风机工业已有五十余年的历史,生产的风机产品主要有离心通风机、轴流通风机、离心鼓风机、罗茨鼓风机、叶式鼓风机五大类产品及其他一些特殊的风机。由于风机应用量大、面广、产品系列和品种多,给风机的设计和选型工作带来了很大麻烦。编写《通风机设计与选型》的目的就是把多年积累的风机设计和使用经验,近年来出现的风机新技术及风机设计与应用方面的基础技术资料编入书中,以满足风机设计、制造、使用和教学方面的需要。

本书介绍了通风机设计与选型的基础知识、通风机管网系统设计、离心式通风机和轴流式通风机设计、通风机的选型四个方面的内容。全书分为四篇,共十八章。各部分内容相对独立,以适应风机设计与选用的不同需要。本书旨在作为风机设计与选用的工具书,因此,全书以简明为宗旨,在保证各部分内容完整同时,力求简捷明了、方便使用,避免过多的理论推导,侧重于设计与选用必备基本理论、方法及步骤的介绍。

本书主要由张玉成、仪登利、冯殿义编写,张玉成编写第1、2、3、4、9、10章,仪登利编写第8、11、12、18章,冯殿义编写第5、6、7、13章,闫绍峰编写第14、15章,戴晓春编写第16、17章。全书由李晓东审定。

本书在编写过程中,得到了各风机制造厂及有关单位的支持,在此表示感谢。

由于编者水平有限,书中不足之处在所难免,敬请读者批评指正。

编者

目 录

第 1 篇 风机设计与选型的基础

第 1 章 风机的分类与基本结构	3
1.1 风机的分类	3
1.1.1 按工作原理分类	3
1.1.2 按风压分类	3
1.1.3 按用途分类	3
1.2 离心式风机	4
1.3 轴流通风机	7
1.4 其他型式的风机	8
1.4.1 罗茨式通风机	8
1.4.2 横流式通风机	9
1.4.3 斜流式通风机	10
1.4.4 筒形离心风机	11
第 2 章 通风机的性能参数与性能曲线	12
2.1 风机的主要性能参数与特性曲线	12
2.1.1 通风机的主要性能参数	12
2.1.2 通风机的特性曲线	15
2.2 通风机的无量纲参数与无量纲性能曲线	16
2.2.1 通风机的无量纲性能参数	16
2.2.2 通风机无量纲性能曲线	17
2.2.3 比转速 n_s	17
2.2.4 比直径 D_s 、转速系数 σ	19
2.2.5 特性参数与通风机型式	20
2.3 通风机对数性能曲线	21
2.4 气体压缩性对通风机性能参数的影响	23
2.5 无量纲特性与有量纲的转换	24
2.5.1 有量纲与无量纲性能参数的转换	24
2.5.2 有量纲与无量纲性能曲线的变换	26

2.6	通风机主要参数的确定	27
2.6.1	风机比转速的确定	27
2.6.2	风机转速的确定	28
2.6.3	圆周速度的确定	28
2.6.4	叶轮直径	29
第3章	风机相似原理与应用	30
3.1	通风机相似原理及所解决的问题	30
3.2	通风机的相似条件	30
3.3	通风机性能参数的相似换算	31
3.3.1	通风机的相似准则	31
3.3.2	通风机无量纲性能参数的相似换算	31
3.3.3	考虑气体压缩性的相似换算	33
3.4	通风机的相似设计	33
3.4.1	通风机相似设计的原则	34
3.4.2	风机空气动力学略图	34
3.4.3	风机的相似设计	34
3.4.4	风机变型设计	35
3.4.5	相似设计举例	36
第4章	离心通风机的基本理论	39
4.1	流体动力学基础知识	39
4.1.1	流体的基本概念	39
4.1.2	连续性方程	40
4.1.3	能量方程	40
4.1.4	动量方程	40
4.1.5	动量矩方程	41
4.2	离心通风机的主要气流与结构参数	41
4.2.1	离心通风机叶轮参数	41
4.2.2	通风机叶轮中的相对运动与气流参数	42
4.3	通风机的基本方程	43
4.3.1	叶道进、出口速度三角形	43
4.3.2	叶片式流体机械的基本方程	44
4.4	叶轮的反作用度	45
4.5	叶片出口角与叶轮型式	46
4.6	实际气体通风机全压方程	47
4.6.1	有限叶片数的影响	47
4.6.2	叶片进口冲角	48
4.6.3	实际气体黏性的影响	49
4.6.4	实际气体通风机全压方程	49
4.7	离心通风机的损失和效率	49
4.7.1	通风机的流动损失	49
4.7.2	容积损失	51
4.7.3	轮阻损失	52

4.7.4	机械损失	52
4.7.5	通风机的效率	52
第5章 轴流通风机的基础知识		53
5.1	轴流通风机的气流与结构参数	53
5.1.1	翼型几何参数	53
5.1.2	叶栅几何参数	54
5.1.3	气流参数	55
5.2	轴流通风机工作原理	55
5.2.1	轴流通风机的全压方程	55
5.2.2	反作用度和预旋	56
5.2.3	轴流通风机叶的配置与速度三角形	56
5.2.4	气流参数沿叶片高度的变化	58
5.3	翼型空气动力特性	59
5.3.1	孤立翼型空气动力特性	60
5.3.2	库塔-儒可夫斯基定律	61
5.3.3	叶栅气动特性与儒可夫斯基定律	61
5.4	叶栅气动力基本方程	62
5.4.1	理想气体叶栅气动力基本方程	62
5.4.2	实际气体叶栅气动力基本方程	63
5.5	轴流通风机的损失和效率	64
5.5.1	轴流通风机的损失	64
5.5.2	轴流通风机效率	66
第6章 通风机的噪声		68
6.1	噪声的概念	68
6.2	通风机的噪声评价与标准	70
6.2.1	噪声级与计权声级	70
6.2.2	A声级与比A声级	71
6.2.3	通风机的噪声标准	72
6.3	通风机的空气动力噪声	73
6.3.1	通风机空气动力噪声	73
6.3.2	通风机的噪声特性	74
6.4	降低通风机的噪声方法	76
6.4.1	降低空气动力噪声的方法	77
6.4.2	通风机吸声降噪方法	78
第7章 通风机转子平衡		79
7.1	风机转子静平衡与动平衡	79
7.2	转子平衡条件	80
7.2.1	静平衡条件	80
7.2.2	转子的动平衡	81
7.3	通风平衡品质与许用不平衡量	82
7.3.1	平衡品质的表示方法	82
7.3.2	通风机平衡品质等级与许用不平衡量	82

7.4	转子的平衡试验	83
7.4.1	转子的静平衡试验	83
7.4.2	动平衡试验法	84
第8章	通风机主要零部件材料的选用	85
8.1	材料的选择原则	85
8.1.1	通风机材料选择的一般原则	85
8.1.2	特殊用途通风机的材料的选择	86
8.2	通风机主要零件材料的选用	87
8.2.1	通风机主要零件常用材料	87
8.2.2	通风机常用材料的力学性能	88

第2篇 通风机管网系统

第9章	通风机管网及管网特性	95
9.1	通风机的管网特性	95
9.2	通风机的工作点与调节	97
9.2.1	通风机的工作点	97
9.2.2	通风机工作点的调节	97
9.3	通风机的并联与串联工作	100
9.3.1	通风机的并联工作特性	100
9.3.2	通风机的串联工作特性	100
9.3.3	通风机串、并联组合方式的选择	100
第10章	通风机的稳定和非稳定工作区	102
10.1	通风机的失速与喘振	102
10.1.1	通风机的失速	102
10.1.2	通风机的喘振与不稳定工况	103
10.1.3	通风机失速与喘振的区别与联系	104
10.1.4	防止通风机失速与喘振的措施	104
10.2	通风机的合理工作区	104
10.2.1	通风机的合理工作区	104
10.2.2	通风机工作区的确定	106
第11章	通风机管道压力损失	107
11.1	管道的沿程压力损失	107
11.1.1	沿程压力损失	107
11.1.2	沿程摩擦系数	108
11.2	局部压力损失	110
11.2.1	局部阻力计算	110
11.2.2	常用管件的局部阻力系数	110
第12章	典型通风管网计算	138
12.1	通风管道水力计算方法	138
12.2	均匀送风风道的设计计算	138
12.2.1	均匀送风的条件	138

12.2.2	侧孔送风管局部阻力系数	139
12.2.3	均匀送风风道的计算	140
12.3	均匀吸风风道的设计计算	141
12.3.1	均匀吸风的设计原理	141
12.3.2	矩形变截面带等宽度纵向条缝的均匀吸风风道的计算	142
12.3.3	有分支的均匀吸风风道的设计与计算	143
12.3.4	矩形等截面带侧孔的均匀吸风风道计算	143

第 3 篇 通风机设计

第 13 章	离心式通风机的气动设计	147
13.1	离心通风机的设计任务与要求	147
13.1.1	设计任务	147
13.1.2	设计要求	147
13.2	离心通风机叶轮的设计	148
13.2.1	叶片出口角 β_{2A} 与全压系数 ψ_h 的确定	148
13.2.2	叶轮进口速度变化系数	149
13.2.3	叶轮进口直径 D_0 与叶道进口直径 D_1	153
13.2.4	最佳进口宽度	154
13.2.5	进口叶片角 β_{1A}	155
13.2.6	进口叶片斜切与前后盘的圆角半径	157
13.2.7	确定叶片数	157
13.2.8	叶片出口宽度与前盘形式	158
13.2.9	速度分布法叶片几何造型	160
13.2.10	圆弧叶片型线绘制	165
13.2.11	叶道进口无功段叶片	166
13.2.12	平直叶片型线	167
13.3	离心通风机主要零部件设计	167
13.3.1	蜗壳设计	167
13.3.2	进气装置	171
13.3.3	扩压器	173
13.4	离心通风机设计步骤	174
13.4.1	设计条件与方案选择	174
13.4.2	离心通风机气动设计步骤	174
13.5	离心通风机气动设计举例	177
13.5.1	离心通风机设计举例一	177
13.5.2	离心通风机设计举例二	185
第 14 章	轴流风机设计	190
14.1	轴流设计任务	190
14.2	轴流风机叶片气动设计方法	191
14.2.1	轴流风机气动设计方法与选择	191
14.2.2	等环量设计方法	192

14.2.3	变环量设计方法	193
14.3	轴流风机的级数与级型式	195
14.3.1	轴流风机的全压系数与级数	195
14.3.2	轴流风机单级级型式	195
14.4	轴流通风机主要参数的确定	197
14.4.1	叶轮直径	197
14.4.2	轮毂比与轮毂直径	198
14.4.3	叶栅稠度	199
14.4.4	叶片数目	199
14.4.5	径向间隙	200
14.4.6	轴向间隙	200
14.4.7	轴流风机设计方案确定	201
14.5	轴流风机孤立翼型法空气动力设计	201
14.5.1	孤立翼型设计方法概述	201
14.5.2	翼型的选择及参数确定	203
14.5.3	常用翼型及性能参数	204
14.5.4	叶片造型	206
14.5.5	孤立翼型法叶轮叶片设计步骤	207
14.6	轴流风机平面叶栅气动设计	210
14.6.1	平面叶栅吹风试验原始翼型与试验数据	210
14.6.2	平面叶栅理论叶栅气动设计	212
14.7	轴流通风机主要零部件设计	215
14.7.1	前导流器设计	215
14.7.2	后导流器设计	216
14.7.3	集流器与流线罩设计	219
14.7.4	扩散器设计	219
14.8	子午加速轴流通风机空气动力设计	221
14.8.1	气流经过基元叶轮进出口的速度三角形	221
14.8.2	子午加速轴流通风机叶轮的空气动力设计	223
14.9	对旋式轴流通风机空气动力设计	226
14.9.1	对旋式轴流风机气动设计基本思想	226
14.9.2	对旋式轴流风机气动设计	227
14.10	射流通风机的风机空气动力设计	229
14.10.1	射流式通风机气动设计的基本思想	229
14.10.2	射流式通风机气动设计	230
14.11	轴流通风机气动设计举例	230
14.11.1	设计方案确定	230
14.11.2	孤立翼型理论普通轴流风机气动设计举例	232
14.11.3	叶栅理论普通轴流风机叶片气动设计举例	238
14.11.4	子午加速风机设计举例	240
第15章	通风机强度设计与振动校核	243
15.1	离心通风机叶轮强度设计	243

15.1.1	叶片强度计算	243
15.1.2	轮盘强度计算	249
15.1.3	叶轮用铆钉强度计算	252
15.1.4	轴盘材料选择	253
15.2	轴流通风机叶片强度计算	253
15.2.1	叶片强度计算	254
15.2.2	叶片振动校核	257
15.3	通风机主轴设计	260
15.3.1	风机主轴受力分析	260
15.3.2	主轴强度条件与尺寸确定	262
15.4	主轴稳定性校核	262
15.4.1	单圆盘轮系临界转速	262
15.4.2	通风机传动方式对临界转速的影响	263
15.4.3	通风机主轴稳定性条件	264
15.5	通风机的轴向力	266
15.5.1	离心通风机轴向力	266
15.5.2	轴流风机的轴向力	266
15.6	轴承的选型与校核	266
15.6.1	滚动轴承类型的选择	266
15.6.2	滚动轴承寿命计算	267

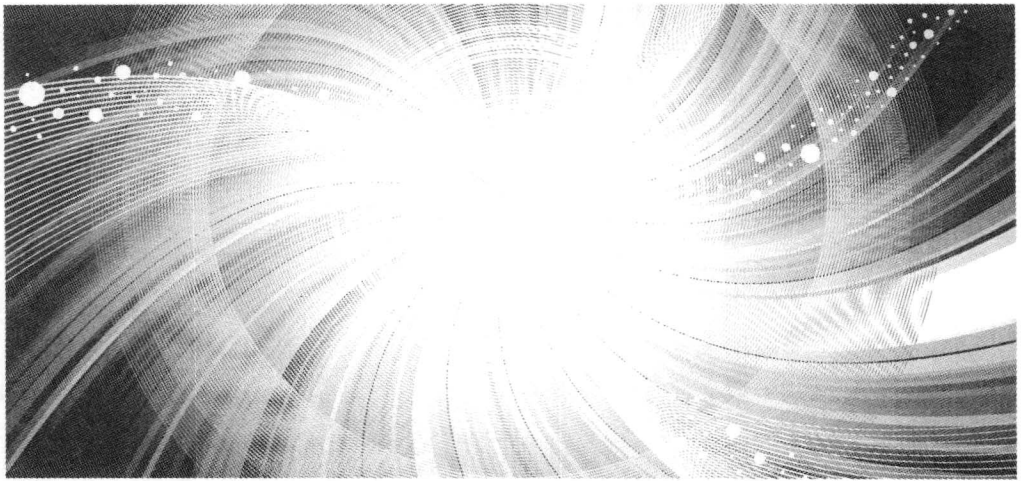
第 4 篇 通风机的选型

第 16 章	通风机的名称和型号	273
16.1	风机的名称表示	273
16.2	离心通风机型号	273
16.2.1	离心式通风机型号表示	273
16.2.2	离心式通风机型号编制规则	274
16.2.3	离心通风机的传动方式	275
16.2.4	离心通风机进气室和排气口的位置	275
16.2.5	离心通风机叶轮旋转方向	275
16.2.6	离心通风机产品型号举例	276
16.3	轴流通风机型号	276
16.3.1	轴流式通风机编号规则	276
16.3.2	轴流通风机的传动方式	277
16.3.3	轴流通风机的风口位置	278
16.4	离心式鼓风机型号	278
16.4.1	新型号表示方法	278
16.4.2	旧型号表示方法	280
第 17 章	通风机选型方法	281
17.1	通风机的选型原则	281
17.2	通风机的选型的一般步骤	282

17.3	通风机的选型方法	282
17.3.1	通风机的选型条件	282
17.3.2	按无量纲特性曲线选型	284
17.3.3	按对数坐标曲线选型	284
17.3.4	按管网阻力选型	286
17.3.5	变型选型	286
17.3.6	通风机的选型举例	286
第18章	供选不同用途通风机选型	289
18.1	不同应用领域通风机特点及型号	289
18.1.1	不同应用领域通风机特点	289
18.1.2	常用不同用途风机型号	291
18.2	一般用途通风机的选用	296
18.2.1	一般用途离心通风机	296
18.2.2	一般用途轴流通风机	312
18.3	工业锅炉通、引风机的选用	321
18.3.1	锅炉通、引风机选用原则	321
18.3.2	常用锅炉通、引风机	321
18.4	高温通风机的选用	328
18.5	煤粉离心风机的选用	332
18.6	排尘离心通风机的选用	335
18.7	物料输送风机的选用	342
18.8	空调用风机的选用	345
18.9	矿井通风机的选用	351
18.10	矿井用局部通风机的选用	353
18.11	纺织风机的选用	355
18.12	屋顶风机的选用	359
18.13	消防排烟通风机的选用	366
18.14	斜流(混流)式风机的选用	373
18.15	常用通风机的气动略图	376
参考文献		382

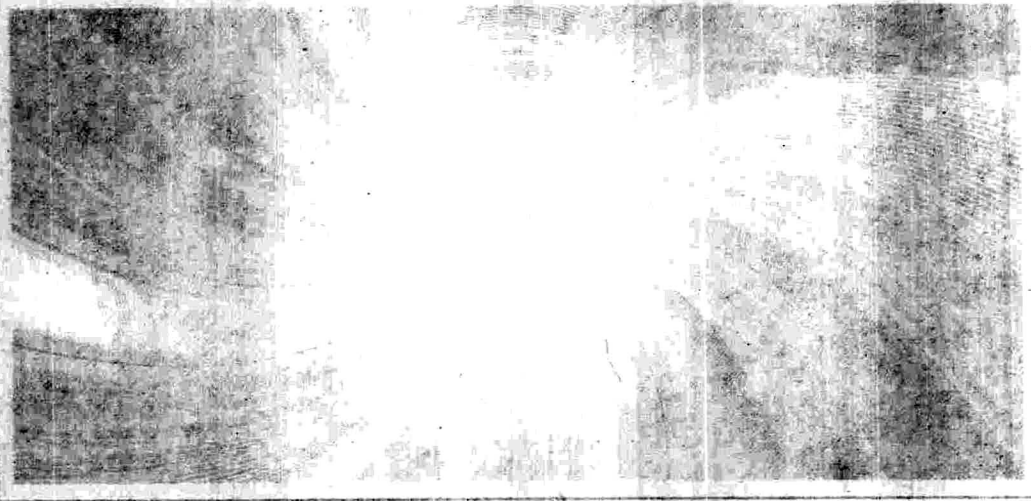
第**1**篇

风机设计与选型的基础



策 1 篇

風 味 好 十 已 我 堅 的 基 出



第1章 风机的分类与基本结构

风机和压缩机是利用叶轮和其他形式的高速转子旋转来提升气体压力并输送气体的设备。风机广泛应用于矿山、冶金、石油、化工、航天、航海、能源和效能等工程领域，已成为国民经济的各个行业的通用设备。从能量转换观点来讲，把原动机的机械能转变为流体的热能和动能的机械称为流体机械或流体输送机械。我国机械行业标准 JB/T 2977—92 中将输送气体的机械按压力的高低分为：通风机、鼓风机和压缩机。规定：产生压力小于或等于 15kPa（表压）的机械为通风机；产生压力大于 15kPa（表压）、小于或等于 0.2MPa（表压）的机械为鼓风机；产生压力大于 0.2MPa（表压）的机械为压缩机。

1.1 风机的分类

1.1.1 按工作原理分类

按工作原理风机可分为叶片式和容积式及喷射式三类，如图 1-1 所示。常用的形式主要为叶片式和容积式，尤其以叶片式通风机应用最为广泛。

1.1.2 按风压分类

风机进口标准大气压条件（0.1013MPa，20℃，空气密度 1.2kg/m³），根据风机出口的全压（或升压），可将风机分为低压风机、中压风机和高压风机，其压力范围如表 1-1 所示。通风工程中大多采用低压、中低压风机。

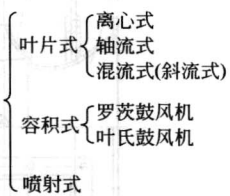


图 1-1 风机按原理分类

表 1-1 风机按压力分类

分 类	低压风机	中压风机	高压风机
全压/kPa	≤0.98	0.98~2.94	2.94~14.71

1.1.3 按用途分类

按用途分风机可分为通用风机、排尘风机、工业通风换气风机、锅炉引风机、矿用风机

等。通风机的用途一般以汉语拼音字头代表，如表 1-2 所示。

表 1-2 风机产品用途代号

序号	用途类别	代 号		序号	用途类别	代 号	
		汉字	缩写			汉字	缩写
1	工业冷却水通风	冷却	L	18	谷物粉末输送	粉末	FM
2	微型电动吹风	电动	DD	19	热风吹吸	热风	R
3	一般用途通风换气	通用	T(省略)	20	高温气体传送	高温	W
4	防爆气体通风换气	防爆	B	21	烧结炉烟气	烧结	SJ
5	防腐气体通风换气	防腐	F	22	一般用途空气输送	通用	T(省略)
6	船舶用通风换气	船通	CT	23	空气动力	动力	DL
7	纺织工业通风换气	纺织	FZ	24	高炉鼓风	高炉	GL
8	矿井主体通风	矿井	K	25	转炉鼓风	转炉	ZL
9	矿井局部通风	矿局	KJ	26	柴油机增压	增压	ZY
10	隧道通风换气	隧道	SD	27	煤气输送	煤气	MQ
11	锅炉通风	锅通	G	28	化工气体输送	化气	HQ
12	锅炉引风	锅引	Y	29	石油炼厂气体输送	油气	YQ
13	船舶锅炉通风	船锅	CG	30	天然气传送	天气	TQ
14	船舶锅炉引风	船引	CY	31	降温凉风用	凉风	LF
15	工业用炉通风	工业	GY	32	冷冻用	冷冻	LD
16	排尘通风	排尘	C	33	空气调节用	空调	KT
17	煤粉吹送	煤粉	M	34	电影机械冷却烘干	影机	YJ

1.2 离心式风机

离心通风机的结构简单，制造方便。离心风机主要由通流部件、传动部件和支撑部件组

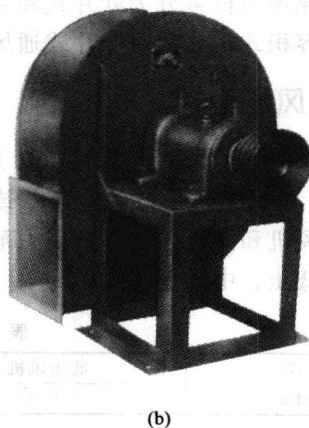
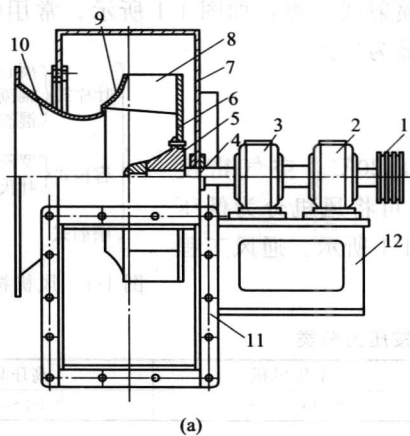


图 1-2 离心通风机结构

1—V 带带轮；2、3—轴承座；4—主轴；5—轴盘；6—后盘；7—蜗壳；8—叶片；
9—前盘；10—进风口（集流器）；11—出风口；12—底座

成。通流部件包括进风口（集流器）、叶轮、机壳和出风口等部件；传动部件主要由主轴、轴承和带轮（或联轴器）等组成；支撑部件是指轴承座和底座。图 1-2 是常见的中压离心通风机及典型结构示意图，图 1-3 是离心风机主要零部件分解示意图。

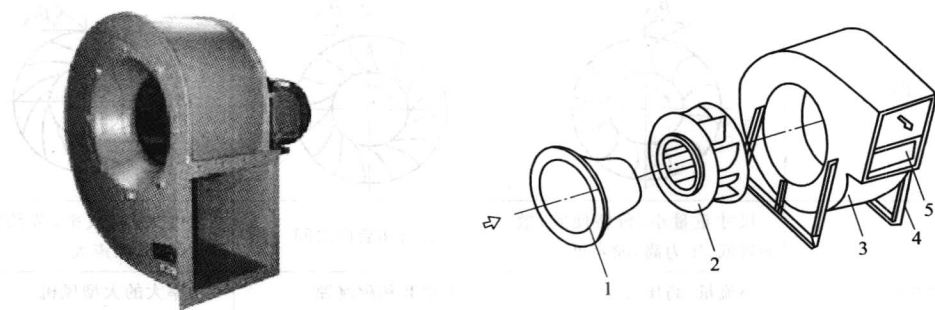


图 1-3 风机主体主要零部件分解示意图

1—集流器；2—叶轮；3—蜗壳；4—机架；5—截流板（风舌）

离心风机工作时通过叶轮高速旋转，将气体经过进风口沿轴向吸入叶轮，在叶轮内折转 90° 流经叶道排出叶轮，最后由蜗壳将叶轮甩出的气体集中并导流后从出风口排出。气体在离心式风机中的流动先为轴向，后转变为垂直于风机主轴的径向运动，当气体通过叶轮的叶道时，由于叶片对气体做功，气体获得能量，压力提高、动能增加。

离心通风机的主要零部件如下。

(1) 叶轮

叶轮是风机传递给气体能量的唯一元件，离心风机的叶轮形状、尺寸和数量，决定了它的工作能力和性能参数。因此，叶轮是离心风机最重要的部件。离心通风机的叶轮一般由前盘、后（中）盘、叶片和轴盘（轮毂）等组成，如图 1-4 所示。通风机叶轮结构有焊接和铆接两种型式。

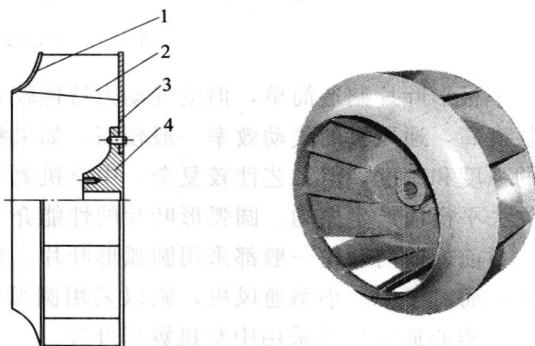


图 1-4 离心风机叶轮结构

1—前盘；2—叶片；3—后盘；4—轮毂（轴盘）

根据叶片出口角不同，离心风机的叶轮可分为前向叶轮、径向叶轮和后向叶轮三种形式。三种叶片型式的叶轮，目前均在风机设计中应用。在离心风机的设计流量和转速一定的前提下，采用前向叶轮可令离心风机获得最小直径，但效率较低。采用后向叶轮可令离心风机获得最大效率，但叶轮直径最大、压力最小。径向叶轮的应用效果在以上两者之间。

由于后弯叶片叶轮可提高效率，节约能源，在现代生产的风机中，特别是功率大的大型风机多数用后弯叶片。现代前弯叶片风机效率比老式产品已有显著提高，故在小流量高压力的场合或低压大流量场合中仍广为采用。径向出口叶片在我国已不常用，在某些要求耐磨和耐腐蚀的特殊场合有少量应用。表 1-3 示出了这三种叶轮的结构与主要特点。

离心通风机叶片形状主要有平板形、圆弧形和机翼形等几种，如图 1-5 所示。其中圆弧形叶片根据叶片径向尺寸 l 和轴向尺寸 b 大小，又分为圆弧宽叶片 ($b > l$) 和圆弧窄叶片 ($b < l$)。