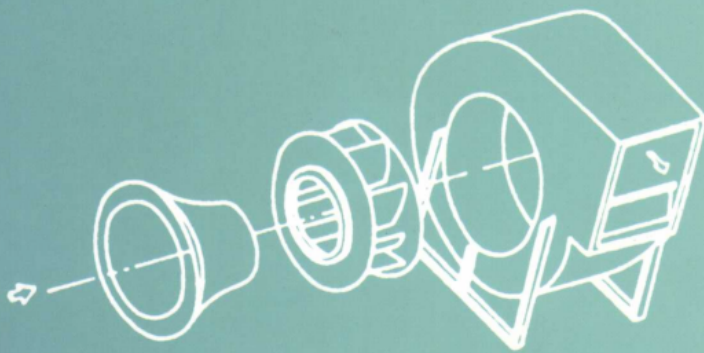
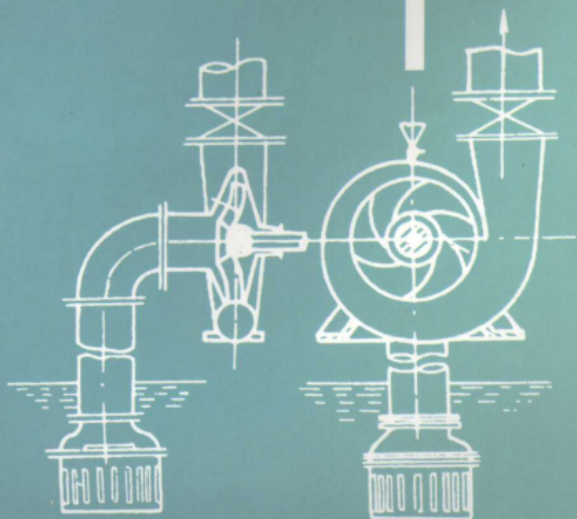


泵与风机

龚毅 王晓璐 主编



海洋出版社

TH3
39

泵与风机

龚毅 王晓璐 主编

海洋出版社

1999年·北京

前 言

本书是根据泵与风机课程基本教学要求编写的,供高等学校建筑环境与设备工程或热能与动力工程专业使用,计划学时为 40 学时左右。在编写过程中,为了保证在理论与实践的联系上,使基本概念、理论清晰,便于教与学两方面的应用,力求重点突出,系统严谨,结合实际,以满足教材对于学生学习打好基础、拓宽知识面和增强适应性的要求。

本书系统地阐明了泵与风机的基本原理、基础方程等理论,分析了常用的泵与风机的工作特点和结构特征,详细介绍了泵、风机与管路系统匹配以及工况调节等问题,突出论述了泵与风机的节能增效和工程实用问题,以求在满足教学基本要求的同时,贯彻工程实践应用的原则,使得深入浅出,融汇贯通,有利于学生或读者拓宽知识面,在实际工作中掌握泵与风机的基本知识。

本书的绪论及附录中实验部分由郑州纺织工学院吴建波编写;第一章的第 1、2、3、5 节由华北水利水电学院的王爱军和张小桃编写;第二章、第三章由洛阳工学院的马源、王建勋编写;第四章及第一章第 4 节由华北水利水电学院的何强勇、周国峰和郑州工业大学的高建红编写;第五章由郑州纺织工学院的王晓璐、王晓雷、黄大宇编写;第六章由郑州纺织工学院的龚毅编写。全书由龚毅、王晓璐统稿。

本书由龚毅、王晓璐担任主编,王爱军、马源担任副主编。

本书由西南交通大学许志浩教授主审。

限于作者的水平、能力和时间,书中难免存在这样或那样的缺点、不足或错误之处,敬请读者鉴谅并不吝指正,以便修正。

编 者

1999 年 4 月

主要符号说明表

拉丁字母

A ——面积	Δh ——汽蚀余量
b ——叶轮、导叶和蜗壳的宽度;翼展	$[\Delta h]$ ——允许汽蚀余量
C ——汽蚀比转数;声速	I ——电流;声强
C_x ——孤立翼型的阻力系数	i ——导叶进口冲角
C_y ——孤立翼型的升力系数	K_m ——功率储备系数
C_{x_p} ——叶栅翼型的阻力系数	k ——滑移系数;型式数
C_{y_p} ——叶栅翼型的升力系数	L ——动量矩
C_∞ ——无限远来流速度	L_p ——声压级
D ——直径	L_l ——声强级
D_j ——密封环直径	L_w ——声功率级
D_0 ——叶轮进口直径	l ——弦长;长度
d ——管直径	M ——转矩;力矩
d_h ——轮毂直径	m ——质量
E ——能量;电动势	N ——功率;轴功率;定子相绕组有效匝数
e ——偏心距	\bar{N} ——功率系数
F ——轴向力	N_e ——有效功率
f ——摩擦系数;频率	N_T ——理论功率
f_N ——电动机额定频率	ΔN_m ——机械损失功率
G ——质量流量	N_g ——原动机功率
g ——重力加速度	n ——转速
H ——扬程	n_s ——泵比转数
H_m ——泵的安装高度	n_y ——风机比转数
H_s ——吸上真空度	p ——风机全压;压强;声压
$[H_s]$ ——允许吸上真空度	\bar{p} ——压力系数
H_d ——动扬程	p_{amb}, p_a ——大气压强
H_s ——静扬程	p_v ——饱和蒸汽压强
H_T ——理论扬程	p_d ——风机动压
$H_{T\infty}$ ——无限多叶片的理论扬程	p_s ——风机静压
h ——阻力损失	p_T ——理论全压
Δh_f ——沿程阻力	$p_{T\infty}$ ——无限多叶片的理论全压
Δh_m ——局部阻力	Q ——流量

\bar{Q} ——流量系数
 q ——泄漏量
 R ——流体作用于孤立翼型、叶栅翼型上的力
 Re ——雷诺数
 R ——半径;气体常数
 r ——半径
 S ——行程
 s ——叶片的厚度
 T ——周期;绝对温度

t ——温度;时间;栅距
 U ——电压
 u ——圆周速度
 V ——体积
 v ——绝对速度
 w ——相对速度;声功率
 w_m ——平面叶栅中平均相对速度
 X_p ——迎面阻力
 Y ——升力
 z ——叶片数;几何位置高度

希腊字母

α ——绝对速度与圆周速度之间的夹角;冲角
 β ——相对速度与圆周速度反方向之间的夹角(流动角)
 β_a ——叶片安装角
 γ ——重度
 η ——总效率或全压效率
 η_h ——水力效率
 η_m ——机械效率
 η_v ——容积效率
 η_e ——电机效率
 η_c ——传动效率
 δ ——角度
 λ ——线性尺寸比;升力角;波长;沿程阻力系数
 ξ ——局部阻力系数
 μ ——流量系数
 ν ——运动粘度
 ρ ——密度;曲率半径
 σ ——叶片在圆周方向的厚度
 τ ——反作用度
 φ ——相对湿度
 ψ ——排挤系数;校正系数
 ω ——角速度
 Γ ——速度环量
 Σ ——总和
 $[]$ ——允许值

下角标

0 ——叶轮进口处参数
 1 ——叶轮叶片流道进口处参数
 2 ——叶轮叶片流道出口处参数
 3 ——蜗壳或导叶进口处参数
 m ——模型
 p ——原型实物
 r ——径向参数
 u ——周向参数
 z ——轴向参数
 ∞ ——无限多叶片参数
 \max ——最大值
 \min ——最小值

目 录

绪 论	1
第一节 泵与风机的用途	1
第二节 泵与风机的应用实例	1
第三节 泵与风机的性能参数	3
第四节 泵与风机的分类	4
第五节 泵与风机的发展趋势	10
第一章 离心式泵与风机的基础理论	12
第一节 流体在叶轮中运动及速度三角形	12
第二节 离心式泵与风机基本方程式	16
第三节 叶片型式对性能的影响及理论性能曲线	21
第四节 能量损失和实际性能曲线	26
第五节 相似理论及其应用	30
第二章 轴流式风机理论基础	44
第一节 轴流式风机工作原理和类型	44
第二节 叶轮中流体运动分析	46
第三节 轴流式叶轮基本方程式	48
第四节 轴流风机的结构	55
第五节 轴流风机性能曲线及性能特点	64
第三章 其它类型的泵与风机	70
第一节 往复泵的工作原理及特性	70
第二节 旋涡泵的工作原理及特性	78
第三节 真空泵的工作原理及特性	84
第四节 深井泵的工作原理及特性	88
第五节 射流泵的工作原理及特性	95
第六节 齿轮泵的工作原理及特性	100
第七节 屏蔽泵的工作原理及特性	104
第八节 横流通风机与罗茨鼓风机	106
第四章 常用泵、风机特点及结构	110
第一节 离心式泵的基本结构形式及零部件	110
第二节 离心泵的汽蚀	118
第三节 暖通及热能动力工程常用离心泵	125
第四节 离心风机的基本结构形式及零部件	132
第五节 暖通及热能动力工程中常用离心风机	136

第六节	常用轴流风机、轴流泵	144
第七节	泵与风机型号命名法	151
第五章	泵与风机运行、调节及选用	159
第一节	泵与风机管路特性曲线	159
第二节	泵与风机的联合工作	163
第三节	泵与风机运行工况调节	169
第四节	泵与风机的电气传动与节能	184
第五节	泵与风机型号选用	198
第六章	泵与风机的使用维护及防振降噪	206
第一节	泵与风机的安装	206
第二节	泵与风机的启动与运行	212
第三节	泵与风机的常见故障及处理方法	215
第四节	泵与风机的隔振防振	223
第五节	轴向力、径向力的平衡	227
第六节	泵与风机的噪声及其控制	231
附录	泵与风机性能实验	239
一、	离心泵实验装置及实验原理	239
二、	离心风机实验装置及实验原理	239
三、	性能计算及特性曲线的绘制	243
参考文献	248

绪 论

第一节 泵与风机的用途

泵与风机是将原动机的机械能转换成流经其内部流体压力能与动能的机械,均属于通用机械。泵主要输送液体介质,它的使用范围很广,例如船舶工业、矿冶工业、石油工业、化学工业、轻纺工业以及航空航天、电力工程、城市给排水、农电排灌等方面,在供热、锅炉、空调、消防及热水循环系统等方面也获得广泛的应用。风机输送流体介质为气体,主要应用于矿井,地下工程通风,锅炉的鼓风和引风,化工厂高温腐蚀气体的排送,工业及民用建筑的通风空调,燃气及原子防护设备的通风等方面。由此可见,泵与风机应用非常广泛,几乎涉及国民经济各个领域。为了满足各种工作的不同需要,就要求有不同形式的泵与风机。

泵与风机在火力发电厂和暖通工程中,是工质运动的动力源泉,一旦发生故障,将会影响到整个系统的正常运行。例如有两台循环水泵的汽轮机,其中一台循环水泵发生故障时,汽轮发电机将会降低出力。当给水泵发生故障,很短时间内将会造成锅炉缺水,甚至烧干。因此,应很好地掌握泵与风机的原理、结构和性能,做到安全、经济的合理使用。

第二节 泵与风机的应用实例

一、热电厂供热系统中的应用

热电厂供热系统如图 0-1 所示,热水网循环水泵 2,凝结水泵 11、12,补给水泵 3。泵在热电厂供热系统起着重要作用。

二、火力发电厂系统中的应用(见图 0-2)。

三、采用补给水泵连续补水定压的热水供热系统(见图 0-3)。

四、高层建筑防烟楼梯间排烟系统中风机的应用(见图 0-4)。

五、制冷站水管路系统中泵与风机的应用(见图 0-5)。

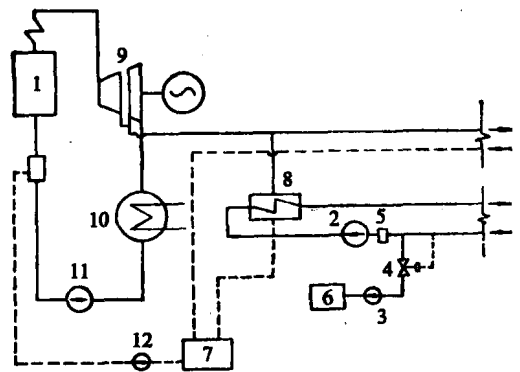


图 0-1 热电厂供热系统

1-锅炉;2-热水网循环水泵;3-补给水泵;4-压力调节阀;5-除污器;6-水处理设备;7-凝结水箱;8-热网水加热器;9-汽轮发电机组;10-冷凝器;11、12-凝结水泵

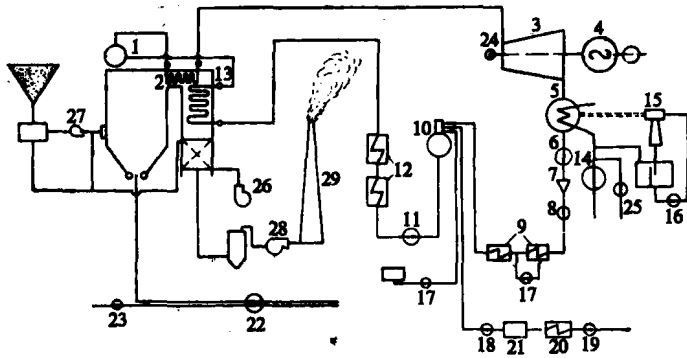


图 0-2 热电厂系统简图

- 1- 锅炉汽包; 2- 过热器; 3- 汽轮机; 4- 发电机; 5- 凝汽器; 6- 凝结水泵
 7- 除盐装置; 8- 升压泵; 9- 低压加热器; 10- 除氧器; 11- 给水泵; 12- 高压加热器; 13- 省煤器; 14- 循环水泵; 15- 射水抽气器; 16- 射水泵; 17- 疏井泵; 18- 补给水泵; 19- 生水泵; 20- 生水预热器; 21- 化学水处理设备; 22- 灰渣泵; 23- 冲灰水泵; 24- 油泵; 25- 工业水泵; 26- 送风机; 27- 排粉风机; 28- 引风机; 29- 烟囱

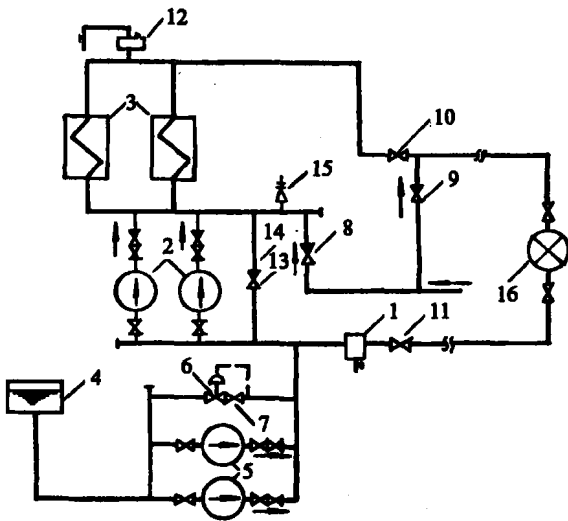


图 0-3 采用补给水泵连续补水定压的热水供热系统

- 1- 除污器; 2- 网路循环水泵; 3- 热水锅炉; 4- 补给水箱
 5- 补给水泵; 6- 压力调节器; 7- 压力调节器前的截断阀门; 8, 9- 止回阀; 10- 供水管总阀门; 11- 回水管总阀门
 12- 集气罐; 13- 止回阀; 14- 旁通管; 15- 安全阀; 16- 用户

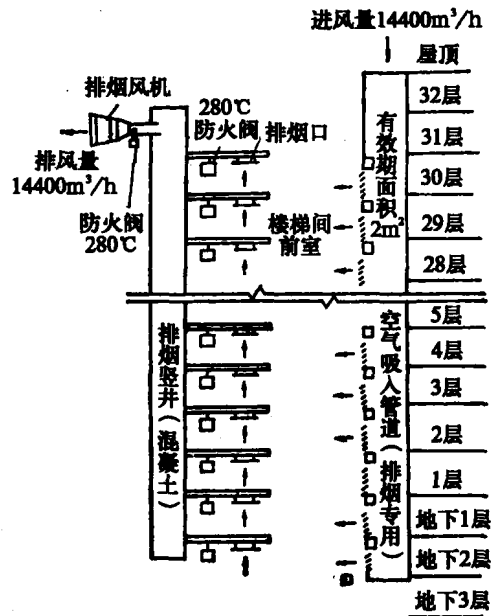


图 0-4 高层建筑防烟楼梯间排烟及加压送风

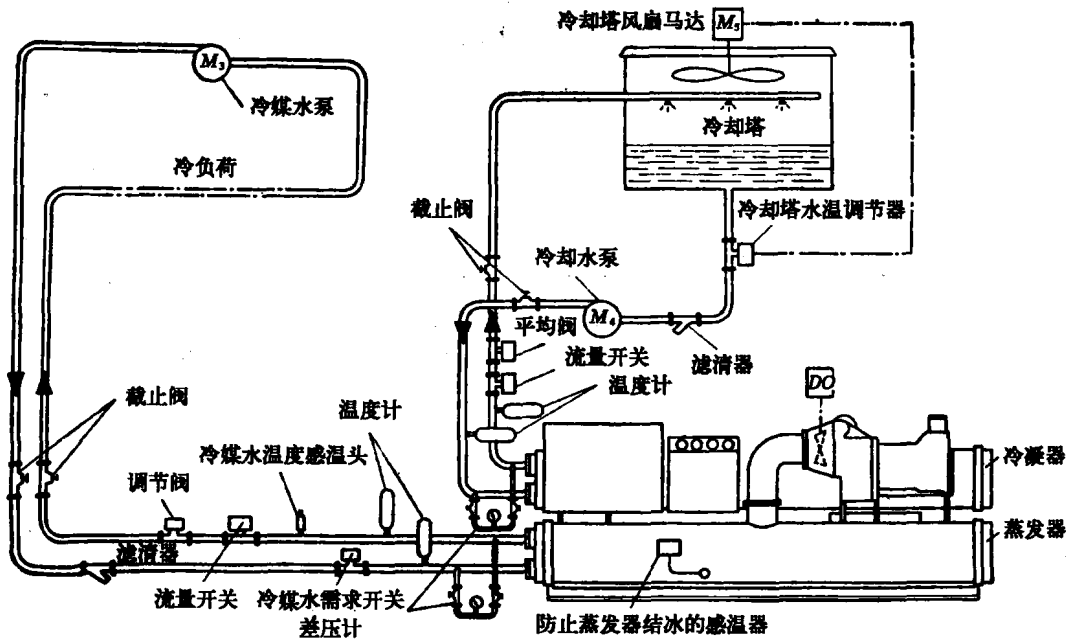


图 0-5 离心式冷水机组水管路系统

第三节 泵与风机的性能参数

泵与风机的性能是以它的性能参数表示的,其性能参数是在额定工况下的流量 Q 、扬程 H 或风压 p 、转速 n 、功率 N 和效率 η 以及汽蚀余量 Δh 。

一、流量

单位时间内泵或风机所输送的流体量称为流量,用符号 Q 表示。用体积流量表示,单位为 m^3/s 或 m^3/h ;质量流量表示,单位为 kg/s 或 t/h 。

通风机的流量是指标准工况 ($t = 20^\circ\text{C}$, $p = 101.3\text{kN}/\text{m}^2$, $\varphi = 50\%$) 下单位时间内流过风机入口处的气体体积流量 Q 。若实测的流量和密度为 Q_1 和 ρ_1 ,则标准工况下的流量为

$$Q = \frac{Q_1 \rho_1}{1.2} \quad (0-1)$$

二、扬程(风压)

泵的扬程指的是单位重量流体经过后所获得的能量增加值,以符号 H 表示,单位为 m ;风机的风压指的是单位体积流体流过风机后所获得的能量增加值(全压值),常用 p 表示,单位用 N/m^2 。

三、功率及效率

泵与风机的功率通常指输入功率,即原动机传到泵或风机转轴上的功率,故称轴功率,用 N 表示,单位为 W 或 kW 。

泵与风机的输出功率,称有效功率,用 N_e 表示,它是指单位时间内流体从泵或风机中所

得到的实际能量,它等于重量流量与扬程的乘积:

$$N_e = \rho g Q H = Q p \quad (0-2)$$

式中, ρ 为被输送流体的密度, kg/m^3 。如流量 Q 用 m^3/s 计, 扬程 H 以 m , 全压 p 以 N/m^2 为单位, 则 N_e 的单位应为 W 。

泵与风机效率 η 为有效功率与轴功率之比。它表示输入的轴功率 N 被流体的利用程度。

$$\eta = \frac{N_e}{N} \quad (0-3)$$

或
$$N = \frac{N_e}{\eta} = \frac{\rho g Q H}{\eta} = \frac{Q \cdot p}{\eta} \quad (0-4)$$

泵与风机的效率,通常是由实验确定的。

四、转速

它指泵或风机叶轮每分钟的转速,符号为 n ,单位为 r/min 。

五、汽蚀余量

汽蚀余量 Δh 是表示水泵汽蚀性能的主要参数,也是用来确定水泵几何安装高度的主要参数之一。

至于泵或风机的其它性能参数,后面章节还要介绍。

第四节 泵与风机的分类

泵与风机的种类很多,根据其工作原理、压力不同及用途不同分类如下。

一、根据工作原理分类

(一)容积式

容积式泵与风机在运转时,机械内部的工作容积不断发生变化,从而吸入或排出流体。按其结构不同,又可再分为以下两种:

(1)往复式 这种机械借活塞在气缸内的往复作用使缸内容积反复变化,以吸入和排出流体。往复式泵的分类也很多,根据结构形式不同,往复式又可分为活塞式、柱塞式和隔膜式三种形式。

(2)回转式 机壳内的转子或转动部件旋转时,转子与机壳之间的工作容积发生变化,借以吸入和排出流体。回转式泵与风机又可分为齿轮式、螺杆式、滑片式和转子式四种形式。

(二)叶片式

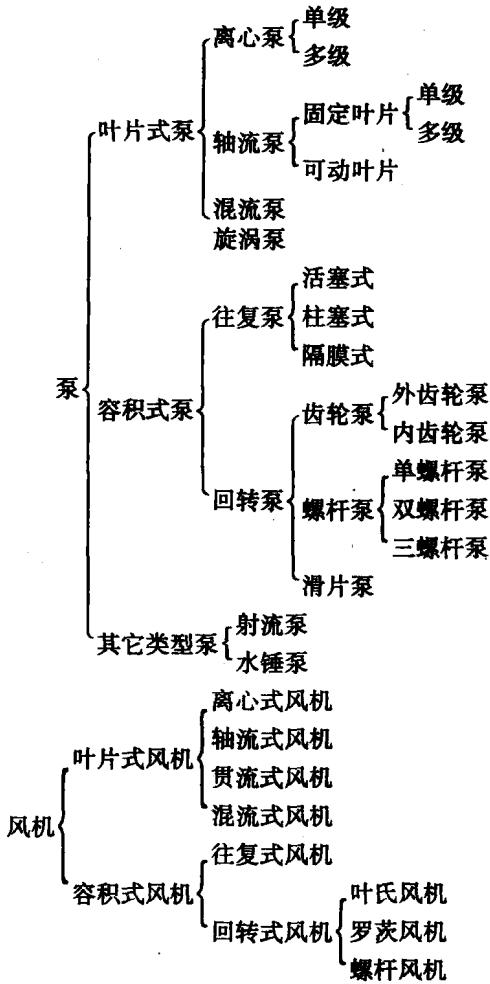
叶片式又称叶轮式或透平式。叶片式泵与风机的主要结构是可旋转的、带叶片的叶轮和固定的机壳。通过叶轮的旋转对流体做功,从而使流体获得能量。

(三)其它类型

凡无法归入前面两大类的泵与风机,都归并在这一类中。这类泵与风机主要是利用能量较高的流体来输送能量较低的流体,如射流泵、水锤泵和喷射泵等多种形式。

泵与风机的分类可参看表 0-1

表 0-1 泵与风机按工作原理和结构形式的分类



二、根据压力不同的分类

(一) 泵的分类

低压泵 扬程小于 200m;

中压泵 扬程在 200 ~ 600m 之间;

高压泵 扬程在 600m 以上。

(二) 风机的分类

根据风机的排气压力(以绝对压力计算)的高低,风机可分为:

通风机: 排气压力低于 $11.6 \times 10^4 \text{ N/m}^2$;

鼓风机: 排气压力在 $11.6 \times 10^4 \sim 44.4 \times 10^4 \text{ N/m}^2$ 之间;

压缩机: 排气压力 $44.4 \times 10^4 \text{ N/m}^2$ 以上。

由于容积式风机的排气压力较高,它们均属鼓风机、压缩机的范围。而通风机一般是指透平式,即离心、轴流、混流、贯流等型式的风机,排气压力在 $11.6 \times 10^4 \text{ N/m}^2$ 以下输送气体的机械。

通风机排气压力低,常用表压(相对大气)表示排气压力或称升压,即升压在 $14\ 700\text{N}/\text{m}^2$ 以下者为通风机。

三、根据用途不同的分类

泵的分类:清水泵、高温水泵、消防泵、锅炉给水泵、油泵、排污泵、泥浆泵、凝结水泵等。

风机的分类:锅炉鼓风机、引风机、矿井通风机、通风换气通风机、耐磨风机、高温风机、耐腐蚀风机、防爆风机等。

四、主要泵与风机的分类

(一)离心式泵与风机

离心泵的典型结构见图 0-6。

离心风机的典型结构见图 0-7。

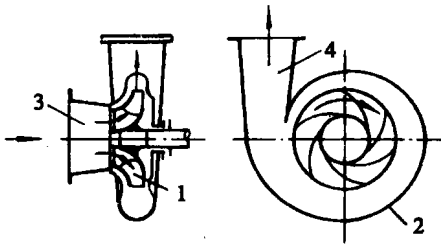


图 0-6 离心泵示意图

1-叶轮;2-压出室;3-吸入室;4-扩散管

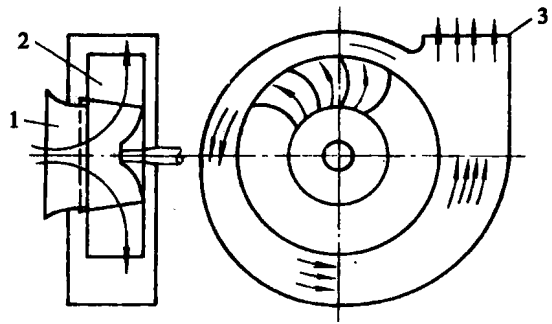


图 0-7 离心风机简图

1-进口集流器;2-叶轮;3-机壳

1. 离心式风机的分类

离心式风机的应用极为广泛,种类很多,它的分类如下:

(1)离心式风机按其产生风压分为

离心式压缩机,风压在 $34.3 \times 10^4\text{N}/\text{m}^2$ ($35\ 000\text{mmH}_2\text{O}$) 以上。

离心式鼓风机,风压在 $1.47 \times 10^4 \sim 34.3 \times 10^4\text{N}/\text{m}^2$ ($1500 \sim 35\ 000\text{mmH}_2\text{O}$)。

离心式通风机,风压低于或等于 $14\ 700\text{N}/\text{m}^2$ ($1500\text{mmH}_2\text{O}$)。

离心式通风机按风压的大小可分为

高压离心通风机,风压为 $2940 \sim 14\ 700\text{N}/\text{m}^2$ ($300 \sim 1500\text{mmH}_2\text{O}$),一般用于隧道及矿井通风。

中压离心通风机,风压为 $980 \sim 2940\text{N}/\text{m}^2$ ($100 \sim 300\text{mmH}_2\text{O}$)。一般用于锅炉送风或引风设备。

低压离心通风机,风压在 $980\text{N}/\text{m}^2$ ($100\text{mmH}_2\text{O}$) 以下。一般应用于空调及通风换气。

(2)按通风机的装置可分为送气式通风机(压出式)和抽气式通风机(吸入式)两种。

(3)按风机叶轮吸入形式分为单进口风机(单吸风机)和双进口风机(双吸风机)两种。

离心式风机一般应用于锅炉引风、送风、矿井通风,空调通风等场所。

2. 离心式泵的分类

(1)按扬程可分为

低压泵 扬程在 200m 以下。

中压泵 扬程在 200 ~ 600m 之间。

高压泵 扬程在 600m 以上。

(2)根据吸入室不同分类

分为单进口泵和双进口泵两种,如图 0-8 所示。

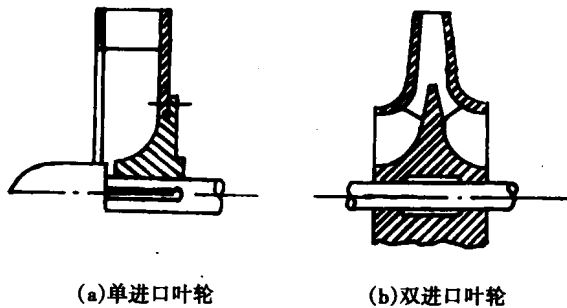


图 0-8 叶轮简图

(3)按叶轮数目分

有单级泵和多级泵两种。

液体经过一个叶轮就达到所需扬程的称为单级泵。液体经过一个叶轮所提高的扬程不能满足要求时,就用几个串联的叶轮,如图 0-9 所示,液体依次进入几个叶轮来连续提高其扬程的泵称为多级泵。

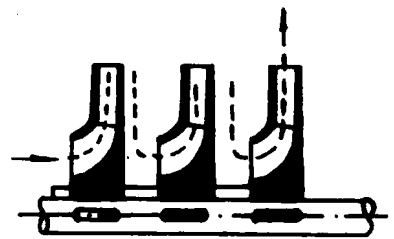


图 0-9 多级泵叶轮

(4)根据叶轮形状分

有闭式泵、半开式泵和开式泵三种。

如图 0-8(a)所示,为单吸闭式叶轮,这种叶轮是由前盘、后盘和叶片组成。一个圆盘与轮毂相连,另一个环形圆盘是叶轮的吸入口。两盘之间装有叶片,这种闭式叶轮的效率高,适用于输送无颗粒杂质的流体。若叶轮无前盘者称为半开式叶轮如图 0-10(a)所示。前后盘均无者称为开式叶轮如图 0-10(b)所示,这种叶轮的效率低,但污水泵或泥浆泵都采用这种叶轮。

(5)根据压出室型分

可有蜗壳式离心泵和导流式离心泵两种。

图 0-11 为蜗壳式离心泵。液体从叶轮流后,直接进入螺旋形流道中,使部分动能转化成静压。这种压出室结构简单,效率高,通常用于单级离心泵或多级泵的最后一级中。

图 0-12 为导叶式离心泵简图(又称透平泵)在叶轮 1 的外周设有固定的环状导叶 2。导叶除了起导流作用外还能把液体的部分动能转化成压能。导叶常用于多级泵,但少数中小型单级泵中亦采用。

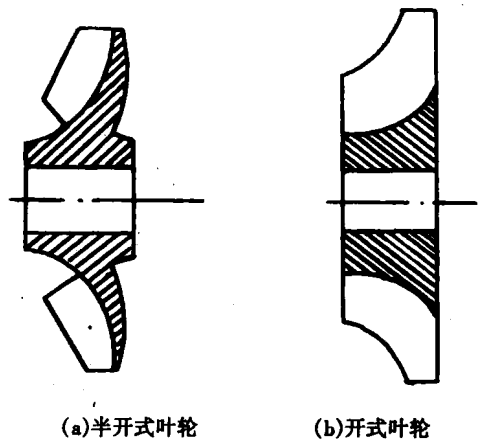


图 0-10 叶轮简图

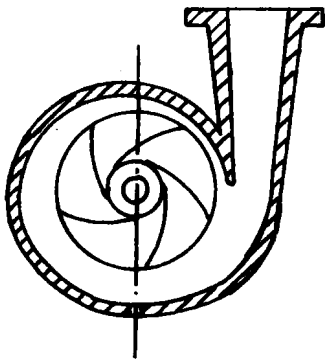


图 0-11 蜗壳式离心泵

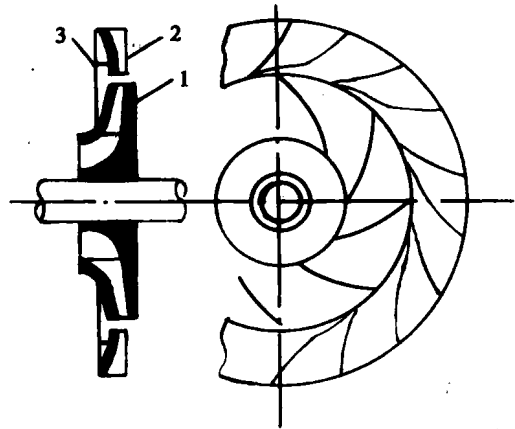


图 0-12 导叶式离心泵
1-叶轮;2-导叶;3-回流器

(6)按泵轴位置分

现有立式泵和卧式泵两种。

(二)轴流式泵与风机

图 0-13 为轴流泵典型结构图。

图 0-14 为轴流风机典型结构示意图。

轴流式泵与风机的主要过流部件为喇叭管(风机为集流器)、叶轮、导叶和出水弯管(风机为扩压筒)。

喇叭管(风机为集流器)和出水弯管(风机为扩压筒)组成了轴流泵与风机的外壳,当叶轮旋转时,流体从喇叭管(或集流器)进入,通过叶轮使流体获得能量,然后进入导叶,导叶把流体旋转部分的动能转化为静压能,最后流体通过出水弯管(或扩压筒)将一部分轴向流动能转化为静压,然后从出水弯管(或扩压筒)流出,输入管路。

轴流式泵与风机的种类很多,根据叶轮的角度是否可调,轴流式泵与轴流风机可分为固定叶片式、半调节叶片式和全调节叶片式三类。

根据叶型不同又分为板型式和机翼型式两种。

同时可按压力、用途、叶轮个数等来分类。

轴流风机用于矿山、隧道、船舶、空调的换气通风以及风洞、冷却塔等,以压力 490N/m^2 作为低压与高压轴流风机的界限。轴流泵主要用于农田排灌、热电站中输送循环水、城市给水及船舶喷水推进器等方面。

(三)往复式泵与风机

往复泵通常由两部分组成,一部分是直接输送液体,把机械能转换为液体压力能的液力

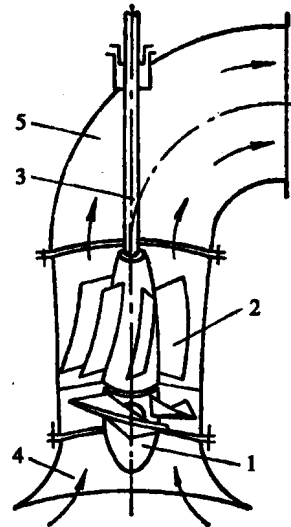


图 0-13 轴流泵结构图
1-叶轮;2-导叶;3-轴;4-进水喇叭管;5-出水弯管

端,另一部分是将原动机的能量传给液力端的传动端。如图0-15所示,液力端主要有液缸体、活塞(柱塞)、吸入阀和排出阀等部件。传动端主要有曲柄、连杆、十字头等部件。

往复泵的种类很多,按下面几种方式进行分类。

(1)根据液力端的特点分

由往复式泵的工作机构可分为:活塞泵、柱塞泵和隔膜泵三种。

(2)按往复式的作用特点分:可有单作用泵、双作用泵和差动泵三种型式。如图0-16所示。

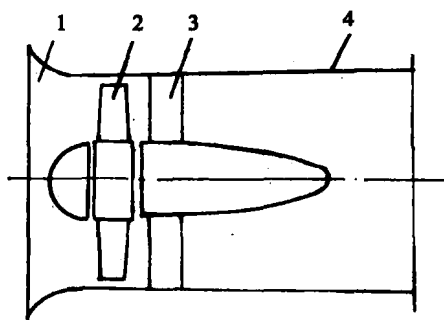


图0-14 轴流风机的典型结构
1-集流器;2-叶轮;3-导叶;4-扩压筒

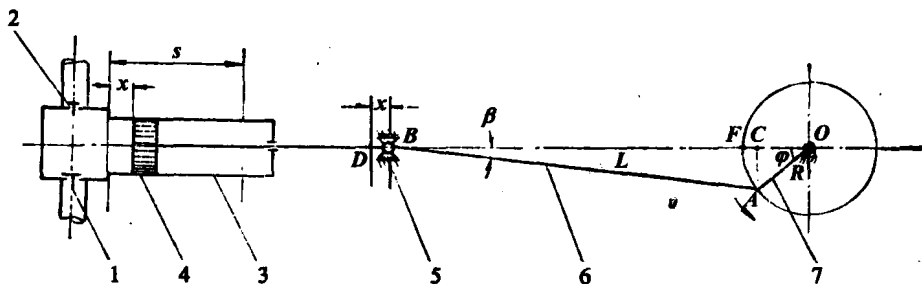


图0-15 单作用往复泵示意图

1-吸入阀;2-排出阀;3-液缸体;4-活塞
5-十字头;6-连杆;7-曲柄

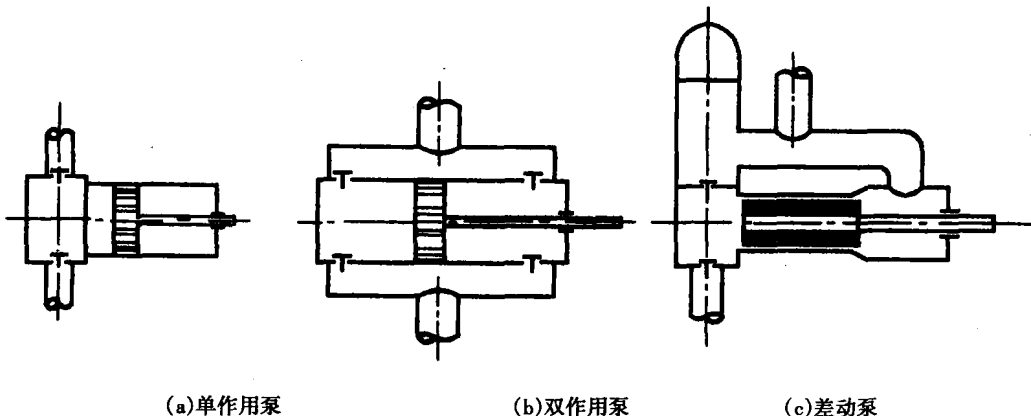


图0-16 单作用泵、双作用泵、差动泵示意图

(3)按液缸数分:单缸泵、双缸泵和多缸泵三种。

(4)根据传动端的结构特点分类

可分为曲柄连杆机构、直轴偏心轮机构、行程调节机构等几种型式。

(5)根据动力源分类

可分为机动泵(包括电动机驱动的泵和内燃机驱动的泵)、直接作用泵(包括蒸汽、气、液压直接驱动的泵)和手动泵。

往复式泵应用较广泛,它适用于输送流量较小,压力较高的各种介质。特别是对易燃、易爆、剧毒等各种液体。

最常见的往复式泵有蒸汽活塞泵、手动及电动管道试压泵等。

(四)射流泵

如图 0-17 所示,射流泵由喷嘴、吸入室、混合室,扩散管等几部分组成。高压流体(液体、蒸汽和气体)经过压力管路引入射流泵中,流体经过喷嘴后速度大大增加,高速流体将喷嘴附近的空气带走,在喷嘴附近形成真空,被抽送液体就被吸上来,两种流体在混合室进口汇合,共同进入混合室中。在混合室中,工作流体把一部分能量传给被抽送液体,使被抽送液体能量增加,两种流体在混合室混合后,进入扩散管中,一部分速度能转化为压力能,从而完成输送流体。这种利用工作流体的射流来输送液体的设备称为射流泵。

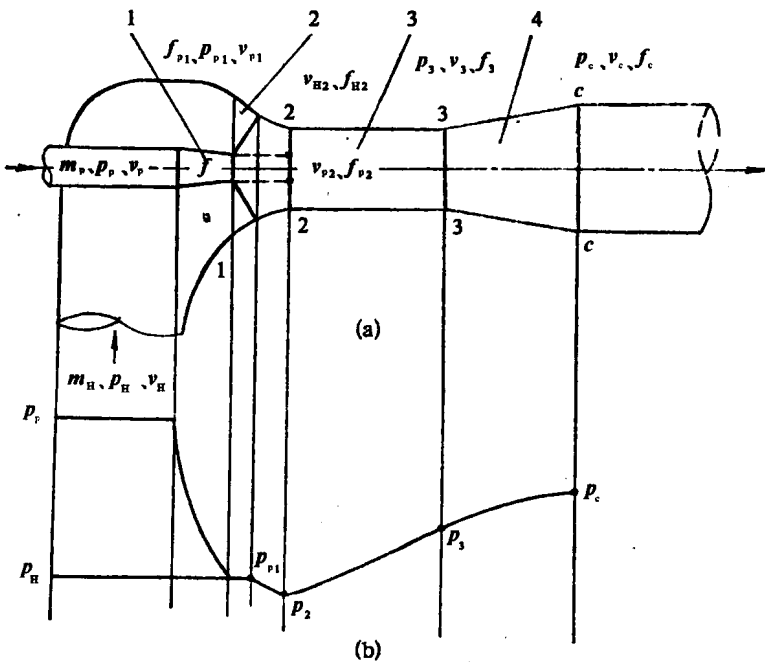


图 0-17 射流泵工作示意图

(a)射流泵示意图; (b)射流泵中压力分布;

1-喷嘴;2-吸入室;3-混合室;4-扩散管

射流泵的结构简单,加工制作容易,工作可靠,安装使用方便,因此在动力、石油开采、化工、冶金及制冷等方面得到广泛应用。其缺点是能量损失较大、效率低,一般最高效率不超过 40%。

在通风、制冷方面,最常见的射流泵使用在蒸汽喷射制冷装置上。

第五节 泵与风机的发展趋势

随着现代科学技术的不断发展,泵与风机在世界各国都正向着大容量、高转速、高效率、低