

5811

0701

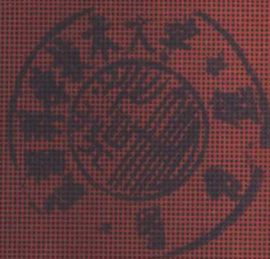
789870

高等学校教材



泵与风机

重庆大学 郭立君 主编



水利电力出版社

11

01

高等学校教材

泵 与 风 机

重庆大学 郭立君 主编

水利电力出版社

内 容 介 绍

本书以讲述叶片式泵与风机为主，重点讲述泵与风机的基本原理、设备性能和运行调节。全书共分四章：第一章泵与风机的叶轮理论，第二章泵与风机的设备性能，第三章泵与风机的结构及平衡、密封问题，第四章泵与风机的运行和调节。

本书为高等工科院校“电厂热能动力”专业的专业必修课教材，也可作为有关专业泵与风机课程的教学参考书，并可供有关专业工程技术人员参考。

高等学校教材

泵 与 风 机

重庆大学 郭立君 主编

*

水利电力出版社出版

(北京三里河路6号)

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

国防工业出版社印刷厂印刷

*

787×1092毫米 16开本 12.625印张 294千字 1插页

1986年12月第一版 1986年12月北京第一次印刷

印数00001—12610册 定价2.15元

书号 15143·6174

前 言

本书是在电力工业出版社 1980 年 6 月出版的第一轮教材的基础上, 根据 1982 年 9 月热能动力类专业教材编审委员会武汉会议上确定的教材编审规划重新编写的, 是高等工科院校“电厂热能动力”专业的专业必修课教材。

全书共分四章, 以讲述叶片式泵与风机为主。根据专业的特点和要求, 内容侧重在泵与风机的基本原理、设备性能和运行调节等方面。在编写中注意了加强基本概念、基础理论和基本方法这一基本要求, 同时也力求反映国内外先进科学技术。为了使学能牢固掌握所学知识, 各章均附有例题、思考题和习题。

全书采用中华人民共和国法定计量单位, 并附有各种单位换算表。

本书由重庆大学郭立君同志主编。第一、二、三章由郭立君同志编写。绪论、第四章和附录由周义光同志编写。

本书由南京工学院马文智同志主审。在编写过程中, 还得到各兄弟院校的大力支持与协助, 在此表示衷心感谢。

由于我们的水平有限, 书中难免存在缺点和错误, 欢迎读者批评指正。

编 者

1985 年 12 月于重庆

* 附录中引用的现有生产产品资料仍沿用原有的工程单位制。

目 录

前 言	
绪 论	1
0-1 泵与风机在国民经济中及热力发电厂中的地位和作用	1
0-2 泵与风机的主要性能参数	2
0-3 泵与风机的分类	5
0-4 泵与风机发展趋势	10
第一章 泵与风机的叶轮理论	13
1-1 离心式泵与风机的叶轮理论	13
1-2 轴流式泵与风机的叶轮理论	29
思考题	36
习 题	36
第二章 泵与风机的设备性能	38
2-1 功率、损失和效率	38
2-2 泵与风机的性能曲线	44
2-3 相似理论在泵与风机中的应用	51
2-4 无因次性能曲线、通用性能曲线	63
2-5 水泵内的汽蚀	66
2-6 性能曲线的测试方法	83
思考题	95
习 题	96
第三章 泵与风机的结构及平衡、密封问题	98
3-1 电厂常用泵与风机的典型结构类型	98
3-2 泵与风机的主要部件	111
3-3 轴向力、径向力及其平衡	116
3-4 密封装置	122
思考题	126
第四章 泵与风机的运行和调节	127
4-1 管路特性曲线及工作点	127
4-2 泵与风机的并联、串联工作	130
4-3 运行工况的调节	134
4-4 泵与风机叶轮的切割与加长	144
4-5 泵与风机的启动与运行	147
4-6 现代高压锅炉给水泵的运行特点	153
4-7 泵与风机运行中的几个问题	153
4-8 泵与风机的选择	166
思考题	172

习 题	173
附录 I 泵与风机的型号编制	176
附录 II 推荐几种泵和风机的水力模型和空气动力学图	181
附录 III-1 常用泵的性能曲线综合图	189
附录 III-2 4-73型风机的选择曲线	190
附录 IV 单位换算	192
参考文献	195

绪 论

0-1 泵与风机在国民经济中及热力发电厂中的地位和作用

汽轮机、水轮机、泵与风机均属流体机械。前两者是把流体的热能和动能转变为机械能的动力设备，而泵与风机则是把机械能转变为流体（液体、气体）的势能和动能的一种动力设备。

泵与风机广泛地应用在国民经济的各个方面，例如，农业方面的灌溉和排涝，采矿工业中坑道的通风及排水，风动工具和水力采煤的动力，冶金工业中各种冶炼炉的鼓风以及气体和液体的输送，石油工业中的输油和注水等，都离不开水泵和风机。此外，在化学工业和原子能工业等部门中，还需用到输送带腐蚀性液体以及液态金属及非金属液体的特殊泵。

在热力发电厂中，泵与风机起着极为重要的作用。图 0-1 绘出了热力发电厂的系统简图：过热蒸汽由锅炉过热器引出送入汽轮机，带动发电机转动。汽轮机的排汽进入凝汽器，凝结水经过凝结水泵、除盐装置、升压水泵、依次经两个低压加热器加热，然后进入除氧器除氧，再由给水泵压过两个高压加热器送入省煤器，最后进入锅炉汽包。

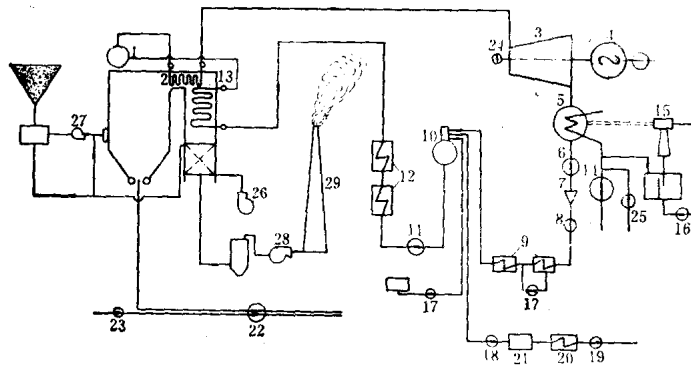


图0-1 热力发电厂系统简图

- 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
水泵；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

为了使做功后的蒸汽凝结，需设置循环水泵向凝汽器输送冷却水；为排除凝汽器中的空气和气体，装设有射水抽气器和射水泵；为排除各处疏水有疏水泵；为了补充管路系统的汽水损失，设有补给水泵。补给水是由生水泵将水送入生水预热器，再经化学水处理设备处理后才由补给水泵送入系统的；排除锅炉燃烧后的灰渣需要灰渣泵和冲灰水泵。此外还有供给汽轮机各轴承润滑用油的润滑油泵，供各水泵风机轴承冷却用水的工

业水泵等。

另外，炉膛燃烧需要煤粉和很好的通风，为此装设有送风机、排粉风机、引风机。

由图 0-1 不难看出，用泵输送的介质有给水、凝结水、冷却水、润滑油等；用风机输送的介质有空气、烟气以及煤粉空气混合物等。这些泵和风机各有不同的工作条件和要求，如循环水泵需输送每小时高达几千吨的大流量，给水泵则要输送压力为几个甚至几十个兆帕、温度为 $100\sim 200^{\circ}\text{C}$ 的高温流体，引风机要输送 $100\sim 200^{\circ}\text{C}$ 的高温烟气，灰渣泵、排粉风机则要输送含有固体颗粒的流体。因此，需要能满足各种工作要求具有不同结构型式的多种的泵与风机。

在发电厂的生产过程中，若泵与风机发生故障，往往会使主机主炉的正常工作受到影响，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，汽轮发电机就要降低出力。又如给水泵突然发生故障，就会使锅炉缺水，甚至造成锅炉烧干锅的事故。因此，电厂热能动力专业的人员，必须掌握泵与风机的原理、结构和性能，并使它为安全发电服务。

另外，泵与风机所消耗的电量又是十分大的，例如，一个百万千瓦的发电厂，厂用电要占机组容量的 $5\%\sim 10\%$ 左右，即消耗电力 $50000\sim 100000\text{kW}$ ，其中泵与风机所消耗的电量(假定全部由电动机驱动)约占大容量机组全部厂用电的 $70\sim 80\%$ ，即消耗电量 $40000\sim 80000\text{kW}$ 。由此可见，提高泵与风机的效率，降低泵与风机的耗电量，是减少发电厂厂用电、提高发电厂供电能力、降低成本的一个重要因素。但目前泵与风机在运行中尚存在不少问题，对电厂的安全与经济运行是很不利的。如有的设备陈旧，效率低，需要改造；有的在设备选择时裕量过大，长期在低效区运行；引风机、排粉风机耐磨性差；调节方法只求简便，忽视对运行经济性的影响等。所以学习泵与风机不仅为了保证安全发电，而且要能在运行中发挥它的最大效能，尽可能提高它的效率，使泵与风机得到既安全、又经济的合理使用。

0-2 泵与风机的主要性能参数

泵与风机主要性能参数包括：流量 Q 、能头 H （水泵称为扬程，风机称为全风压）、功率 N 、效率 η 、转速 n 以及比转数 n_s 。对于水泵来说，还有表示泵汽蚀性能的参数、即汽蚀余量 Δh 或吸上真空高度 H_s 。这些参数反映了泵或风机的整体性能。对于每一台泵或风机，为了使运转安全和不致使效率下降太多，都规定了一定的工作范围。在规定的工作范围内运转，泵与风机就可得到既安全又经济的合理使用。

一、流量

流量是指泵与风机在单位时间内所输送的流体数量，它可以用体积流量 Q 表示，也可以用重量流量 G 表示。体积流量 Q 的常用单位为 l/s 、 m^3/s 或 m^3/h 。重量流量的常用单位为 N/s 或 kN/h ，因为重量在国际单位制中是以重力体现的，而力是质量乘加速度，因而它的单位是 $\text{kgf}\cdot\text{m/s}^2$ ，即 N 。

体积流量与重量流量的关系为：

$$G = \gamma Q \quad \text{N/s}$$

式中 γ ——流体重度， N/m^3 ；

Q ——体积流量， m^3/s 。

当温度 $t = 0^\circ\text{C}$ 时, 水的重度 γ 为 9810 N/m^3 , 空气的重度为 12.68 N/m^3 , 由于空气的重度 γ 很小, 并随温度、压力的变化而变化, 所以在风机设计中, 一般不采用重量流量。

二、能头

(一) 泵的能头

泵的能头又称为扬程, 系指每公斤液体通过泵后所获得的能量增加值, 即获得的能量头, 用符号 H 表示。如图 0-2(a), 水泵的扬程为:

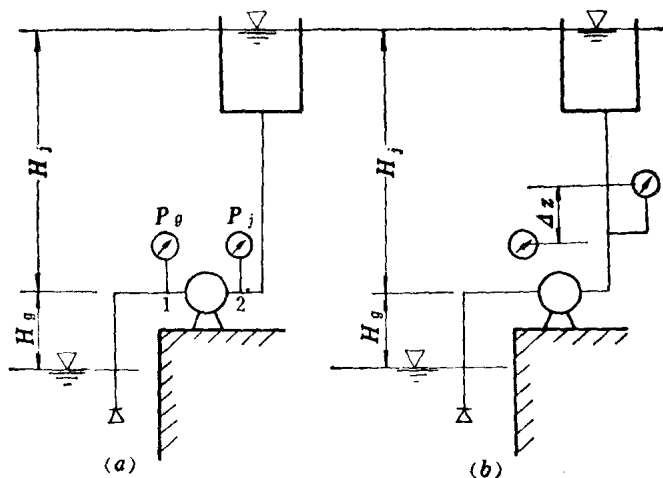


图0-2 泵的扬程

$$H = \frac{p_2 - p_1}{\gamma} + \frac{v_2^2 - v_1^2}{2g} \quad \text{m} \quad (0-1)$$

式中 p_1 、 p_2 ——分别为水泵进口和出口处的压力, N/m^2 ;

v_1 、 v_2 ——分别为水泵进口和出口处的平均速度, m/s 。

测量泵的扬程时, 通常在泵的入口和出口法兰处分别装一个真空表和压力表, 若用 p_g 表示真空表读数, 用 p_j 表示压力表读数, 它们与绝对压力的关系分别为:

$$p_g = p_a - p_1$$

$$p_j = p_2 - p_a$$

$$p_2 - p_1 = p_j + p_g$$

如果将真空表和压力表读数用所输送液体的液柱高度表示时, 还可分别表示为:

$$H_g = \frac{p_g}{\gamma} \quad H_j = \frac{p_j}{\gamma}$$

水泵的扬程则可写成如下形式:

$$H = H_g + H_j + \frac{v_2^2 - v_1^2}{2g} \quad \text{m} \quad (0-1a)$$

即水泵产生的扬程等于真空表能头、压力表能头、水泵出口与进口速度头之差三者之和。

如果水泵入口压力高于大气压力时, 则入口也装压力表, 这时泵的扬程为:

$$H = H_j - H'_g + \frac{v_2^2 - v_1^2}{2g} \quad \text{m} \quad (0-1b)$$

式中 H'_g ——水泵入口处压力表静压头, m。

按式 (0-1) 计算水泵的扬程时, 离心泵所装置的压力表和真空表的位置, 都与水泵中心线在同一个高度上, 若两表位置高度不同, 见图 0-2(b), 则要将它们换算到水泵中心线的高度, 这时水泵的扬程为:

$$H = H_g + H_j + \frac{v_2^2 - v_1^2}{2g} + \Delta z \quad \text{m} \quad (0-1c)$$

在工程上, 由于液体系不可压缩流体, 进出口管径相差也不大, 进出口速度头之差很小, 另表位高度差相对说也很小, 尤其是对高压水泵, 故可近似地采用如下形式来表示水泵的扬程, 即

$$H = H_g + H_j \quad \text{m} \quad (0-1d)$$

(二) 风机的能头

风机的能头称为全压, 包括静压和动压, 全压系指每立方米气体流过风机时所获得的全压增加值, 用符号 p 表示, 故风机的全压为:

$$p = \left(p_2 + \frac{\gamma v_2^2}{2g} \right) - \left(p_1 + \frac{\gamma v_1^2}{2g} \right) \text{ N/m}^2 \quad (0-2)$$

式中 p_1 、 p_2 ——分别表示风机进口和出口断面的压力, N/m^2 ;

v_1 、 v_2 ——分别表示风机进口和出口断面的平均速度, m/s ;

γ ——气体重度, N/m^3 ;

g ——重力加速度, m/s^2 。

对风机来说, 由于输送的是气体 (可压缩性流体), 即使进出口风管直径相差不大, 但流速仍可相差很大, 因此, 其动压改变较大, 且在全压中所占的比例很大, 有时甚至可达全压的 50% 以上。并且, 管路的输送阻力要由静压来克服, 因此, 风机的风压需要用全压 p 及静压 p_{st} 分别表示, 其中, 动压以符号 p_d 表示, 规定为:

$$p_d \approx p_{d2} = \frac{\gamma v_2^2}{2g} \quad \text{N/m}^2 \quad (0-3)$$

风机静压以符号 p_{st} 表示, 为:

$$p_{st} = p_2 - p_1 - \frac{\gamma v_1^2}{2g} \quad \text{N/m}^2 \quad (0-4)$$

由上可知, 风机的全压 p 包括静压 p_{st} 和动压 p_d 两部分, 即

$$p = p_{st} + p_d \quad \text{N/m}^2 \quad (0-5)$$

三、功率

功率系指单位时间内所做功的大小, 如果在一秒钟内把 9.81N 重的物体提高到 1m 的高度, 这时就对物体做了 9.81N·m 的功, 即功率等于 9.81N·m/s, 或 9.81W。瓦的单位在工程上使用起来太小, 所以常用千瓦来表示。

泵与风机的功率可分为有效功率、轴功率和原动机功率。有效功率是指单位时间内通过泵或风机的流体所获得的功率, 也就是泵与风机的输出功率, 用符号 Ne 表示, 单位为千瓦。

泵与风机对流体所做有效功率, 必须从原动机那里获得。我们把原动机传递给泵或风机轴上的功率称为轴功率, 用符号 N 表示, 单位为千瓦。因为在泵与风机内部有各种损失, 因而轴功率不可能完全传给流体, 所以有效功率始终小于轴功率, 即 $Ne < N$ 。

由于考虑泵与风机运转时可能出现的超负荷情况，所以原动机的配套功率 N_g 通常选择得比轴功率 N 大些，而轴功率又比有效功率 N_e 大些，即 $N_g > N > N_e$ 。

四、效率

如前所述，泵与风机内部有各种损失，要消耗一部分能量，轴功率不可能全部变为有效功率。我们把有效功率与轴功率之比称为总效率，用符号 η 表示。即

$$\eta = \frac{N_e}{N} \times 100\%$$

由上式可见，当有效功率一定时，轴功率越小，则泵与风机的总效率越高。例如，某台泵的有效功率为 80kW，轴功率为 100kW，那么其效率就是 80%。

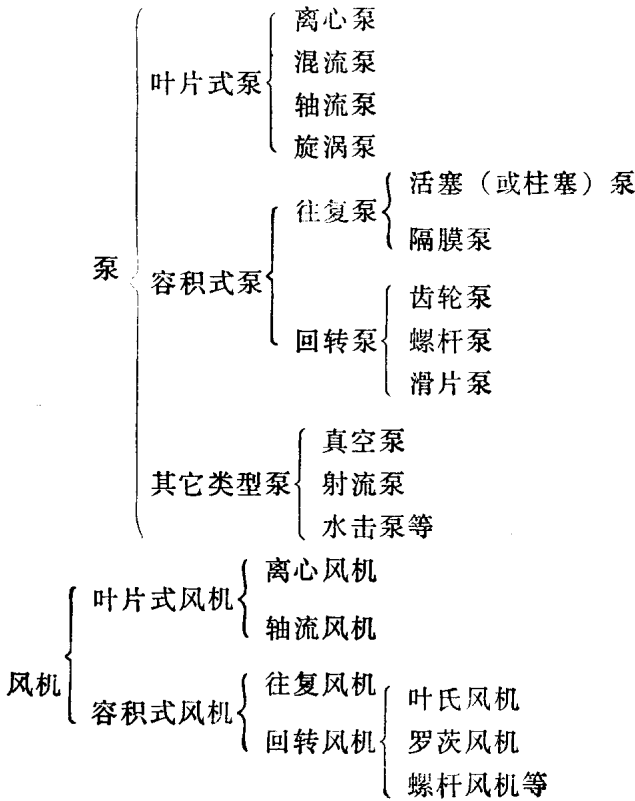
五、转速

转速系指泵或风机的转轴每分钟的转数，用符号 n 表示，单位为转每分，写作 r/min。一定的转速，产生一定的流量 Q 、能头 H ，并对应着一定的轴功率，当转速改变时，流量 Q 、能头 H 以及轴功率 N 都将随之改变。所以，必须按照说明书或铭牌上规定的转速运转，否则将达不到设计要求，或者将导致部件超速损伤。

除上述五个参数之外，还有比转数 n_s ，允许汽蚀余量 $[\Delta h]$ 或允许吸上真空高度 $[H_s]$ ，这些参数将分别在第二章中介绍。

0-3 泵与风机的分类

泵与风机种类繁多，一般按工作原理，大致可分类如下：



泵按产生的压力分为：

低压泵：压力在 2 MN/m^2 以下；

中压泵：压力 $2 \sim 6 \text{ MN/m}^2$ ；

高压泵：压力在 6 MN/m^2 以上。

风机按产生的风压分为：

通风机：风压小于或等于 $10 \sim 15 \text{ kN/m}^2$ ；

鼓风机：风压在 $10 \sim 15 \text{ kN/m}^2$ 到 $290 \sim 340 \text{ kN/m}^2$ ($3 \sim 3.5 \text{ kgf/cm}^2$) 以内；

压气机：风压在 $290 \sim 340 \text{ kN/m}^2$ ($3 \sim 3.5 \text{ kgf/cm}^2$) 以上。

通风机按压力大小又可分为：

低压通风机：风压在 1 kN/m^2 以下；

中压通风机：风压 $1 \sim 3 \text{ kN/m}^2$ ；

高压通风机：风压 $3 \sim 15 \text{ kN/m}^2$ 。

各种泵的使用范围如图 0-3 所示，由图可以看出离心泵所占的区域最大，流量在 $5 \sim 20000 \text{ m}^3/\text{h}$ 扬程在 $8 \sim 2800 \text{ m}$ 的范围内。各种风机的使用范围如图 0-4 所示。这两个图可作为选择泵与风机时的参考。

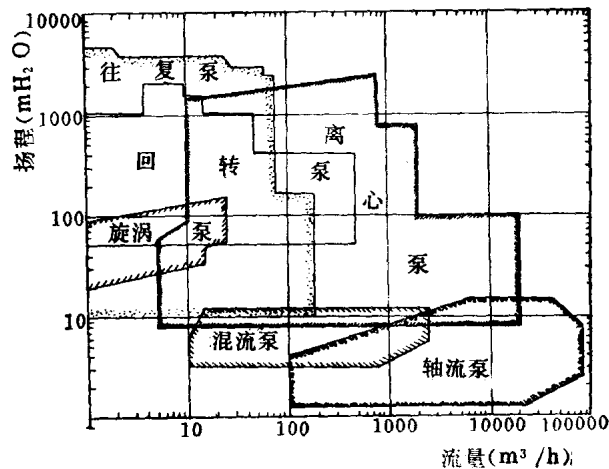


图0-3 各种泵的使用范围

下面将主要的泵与风机的工作原理、结构特点简述如下：

一、离心式

离心式泵与风机的工作原理是利用旋转时产生的离心力使流体获得能量，使流体通过叶轮后的压能和动能都得到升高，从而能够将流体输送到高处或远处。离心泵最简单的结构型式如图 0-5 所示，叶轮装在一个螺旋形的压水室（外壳）2 内，当叶轮 1 旋转时，流体通过吸入室 3 轴向流入，然后转 90° 进入叶轮流道并径向流出，至压水室经扩散管 4 排出。由于叶轮连续旋转，在叶轮入口处不断形成真空，从而流体将连续不断地由叶轮吸入和排出。

二、轴流式

轴流式泵与风机的工作原理是利用旋转叶片的挤压推进力使流体获得能量，升高其压能和动能。其结构如图 0-6 所示，叶轮 1 安装在圆筒形泵壳 3 内，当叶轮旋转时，流体轴向流入，在叶片叶道内获得能量后，再经导流器 2 轴向流出。轴流式泵与风机适用

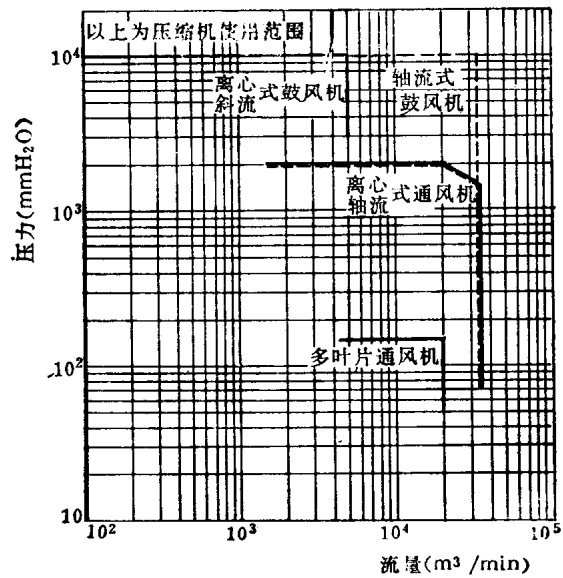


图0-4 各种风机的使用范围

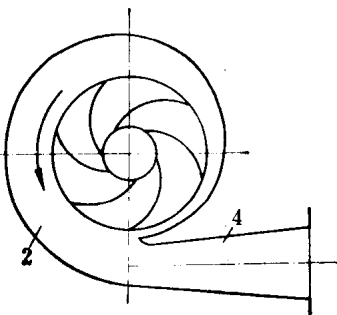
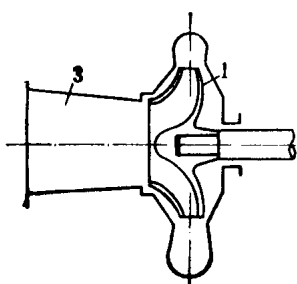


图0-5 离心泵示意图

1—叶轮；2—压水室；3—吸入室；4—扩散管

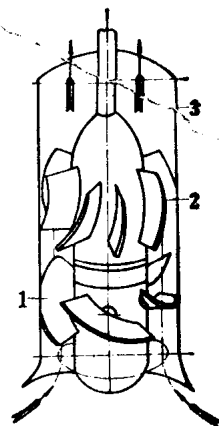


图0-6 轴流式水泵示意图

1—叶轮；2—导流器；3—泵壳

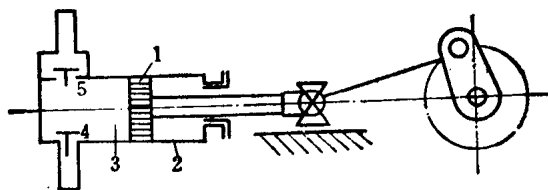


图0-7 往复泵示意图

1—活塞；2—泵缸；3—工作室；4—吸水阀；5—压水阀

于大流量、低压力，电厂中循环泵及送、引风机可使用。

三、往复式

现以活塞式为例来说明其工作原理和结构，如图 0-7 所示，活塞泵主要由活塞 1 在泵缸 2 内作往复运动来吸入和排出液体。当活塞开始自极左端位置向右移动时，工作室 3 的容积逐渐扩大，室内压力降低，流体顶开吸水阀 4，进入活塞所让出的空间，直至活塞移动到极右端为止，此过程为泵的吸液过程。当活塞从右端开始向左移动时，充满泵的流体受挤压，将吸水阀关闭，并打开压水阀 5 而排出，此过程称为泵的压水过程。

活塞不断往复运动，泵的吸水与压水过程就连续不断地交替进行。此泵适用于小流量、高压力。电厂中常用作加药泵。

四、齿轮式

齿轮泵具有一对互相啮合的齿轮，如图 0-8 所示，图中齿轮 1（主动轮）固定在主动轴上，轴的一端伸出壳外由原动机驱动，另一个齿轮 2（从动轮）装在另一个轴上。齿轮旋转时，液体沿吸油管 3 进入到吸入空间，沿上下壳壁被两个齿轮分别挤压到排出空间汇合（齿与齿啮合前），然后进入压油管 4 排出。

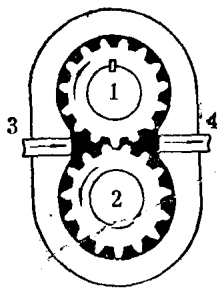


图0-8 齿轮泵示意图

1—主动轮；2—从动轮；
3—吸油管；4—压油管

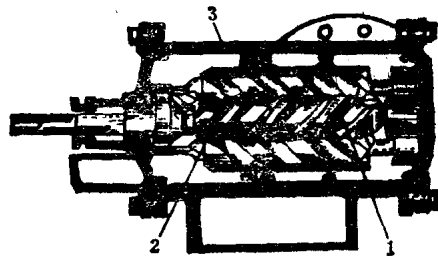


图0-9 螺杆泵示意图

1—主动螺杆；2—从动
螺杆；3—泵壳

五、螺杆式

如图 0-9 所示，螺杆泵乃是一种利用螺杆互相啮合来吸入和排出液体的回转式泵。螺杆泵的转子由主动螺杆 1（可以是一根，也可有两根或三根）和从动螺杆 2 组成，主动螺杆与从动螺杆作相反方向转动，螺纹互相啮合，流体从吸入口进入，被螺旋轴向前推进增压至排出口。此泵适用于高压头，小流量。电厂中常用作输送润滑油及调节油的油泵。

六、喷射泵

如图 0-10 所示，将高压的工作流体 7，由压力管送入工作喷嘴 6 经喷嘴后压能变成高速动能，将喷嘴外围的液体（或气体）带走。此时因喷嘴出口形成高速使后部吸入室造成真空，从而不断抽吸流体 8 与工作流体混合，然后通过扩散室 2 将压力稍升高输送出去。由于工作流体连续喷射、吸入室继续保持真空，于是得以不断地抽吸和排出流体。

工作流体可以为高压蒸汽也可为高压水，前者称为蒸汽喷射泵，后者在电厂中常用于抽除凝汽器中的空气，称为射水抽气器。

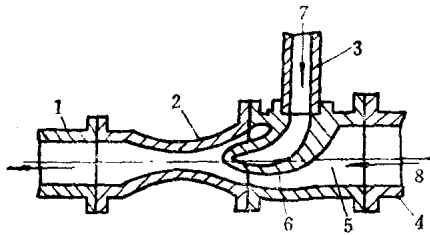


图0-10 喷射泵示意图

- 1—排出管；2—扩散室；3—管子；
4—吸入管；5—吸入室；6—喷嘴；
7—工作流体；8—被抽吸流体

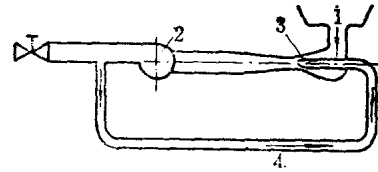


图0-11 射水-离心泵示意图

- 1—凝汽器热井；2—离心泵；
3—喷嘴；4—再循环管

七、射水-离心泵组

如图 0-11 所示，它实际上是一种用泵本身压力水喷射供水的泵组，离心泵出口再循环喷嘴 3 流出的高速射流，与由热井 1 进入喉部的低速凝结水混合在一起，在扩散管中降低速度，把动能转变为压能，进入离心泵 2，再由离心泵升压排出，其中绝大部分流体经低压加热器和除氧器，最后送至给水泵，还有部分流体便通过再循环管 4 回到喷嘴，继续不断地把凝汽器热井的水抽送出去。国外的使用经验证明，这种泵组，是防止离心泵汽蚀的简单、经济、有效的方法。

以上各种泵与风机，对电厂热能动力专业而言，用得最多的是叶片式泵与风机，而叶片式中，又以离心式和轴流式居多，所以在以后各章中均以离心式和轴流式泵与风机为主要讲述对象。

离心式和轴流式泵与风机的主要优点是转速高，流量大，输出流量均匀，在设计工况下效率高等。随着机组容量的增大，在压力要求增加不大的情况下，轴流式得到了日益广泛的应用。往复式虽能获得高压，但转速低，效率低，笨重，流量不均匀，且最大流量受转速的限制，结构和调节又都比较复杂，因此它的应用受到了一定限制。回转式泵与风机的特征介于离心式和往复式之间，其他形式泵与风机一般效率都较低，然而也各有其特点，故仍适用于各种特定场合。

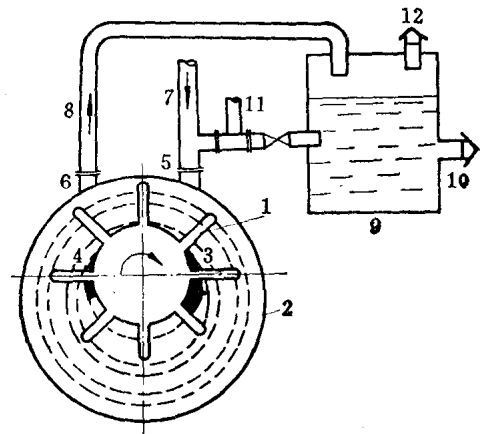


图0-12 水环式真空泵的装置结构简图

八、水环式真空泵

图 0-12 为这种泵的装置结构简图。圆柱形泵缸 2 内注入一定量的水，星形叶轮 1 装在泵缸内（装成偏心的），当叶轮旋转时，水受离心力作用被甩到四周而形成一个相对于叶轮为偏心的封闭水环。被抽吸的气体沿吸气管 7 及接水头 5 由吸气孔 3 进入水环与叶轮之间的空间，右边月牙形部分，由于叶轮的旋转，这个空间容积由小逐渐增大，因而产生真空；随着叶轮的旋转，气体进入左边月牙形部分，此空间逐渐缩小，气体逐渐受到压缩，便由排气孔 4 经接头 6 沿排气管 8 进入水箱 9，再由放气管 12 放出。废弃

的水和空气一起被排到水箱里。

当真空泵工作时，泵中必须有水不断流过，以带走热量（真空泵的发热不应超过 50°C ）并使水保持一定体积，故用管 11 由水箱 9 把水送入吸气管，10 为溢流管接头。

水环式真空泵的优点是，构造简单，没有阀及其他配气机构，不怕堵塞，转速较高，可以直接由电动机带动，总效率为 $20\% \sim 40\%$ ，高者可达 50% 。排气量为 $0.25 \sim 465\text{m}^3/\text{min}$ 。

这种真空泵广泛用作叶片泵、往复泵的抽气引水设备，而且能吸排气体和液体的混合介质。

0-4 泵与风机发展趋势

随着现代科学技术的不断发展，近年来，泵与风机在世界各国都正向着大容量、高转速、高效率、低噪音及自动化等方面发展。

一、大容量

四十年前， 50000kW 的发电机组被看成一项重大的技术成就，而到今天，国内已先后生产出 200 、 300MW 的发电机组，辅机的容量也相应增大，如我国三十万千瓦发电机组配用的两台型号为 DG500-400 的离心式锅炉给水泵，驱动功率每台为 5500kW ，效率 70% ，是我国目前已投入运行的最大容量的给水泵。再如该机组所配轴流式送、引风机，型号为 $0.7-11-\text{No}23$ 及 $0.7-11-\text{No}29$ ，驱动功率各为 2000kW 及 2500kW 。

由于发电机组的单机容量由 100 ， 200 ，…… 1800MW 不断迅速增长，因此，作为热力发电厂的辅机——泵与风机也日趋大容量化。如国外已建成的 1300MW 发电机组，采用一台给水泵，其驱动功率为 49300kW ；又如正在筹建的 1800MW 发电机组的给水泵，驱动功率为 55147kW ，因而目前大型锅炉给水泵的驱动功率已接近 60000kW 。给水泵的压力也从超高压 $137 \times 10^5 \sim 157 \times 10^5 \text{N/m}^2$ 、亚临界压力 $177 \times 10^5 \sim 200 \times 10^5 \text{N/m}^2$ ，发展到超临界压力 $256 \times 10^5 \sim 294 \times 10^5 \text{N/m}^2$ 。近来，更有压力高达 $340 \times 10^5 \text{N/m}^2$ 以上的产品。

风机方面，如国外 729MW 机组的两台离心式送风机，合用一台汽轮机驱动，其驱动功率为 10100kW 。又如国外 707MW 机组的轴流式送、引风机，驱动功率均为 11000kW 。这些都是目前世界上最大的辅助设备。但泵与风机发展到大容量后，所采用的型式是不同的，由于泵要求高压头，因此采用高速离心式。而风机大容量化后，并不要求高的压头，所以向轴流式发展。

二、高速化

在六十年代初期，锅炉给水泵的转速一般均在 3000r/min ，由于泵与风机容量的迅速增加，尤其是给水泵压力的快速增加，导致转速也很快提高。近十几年来，现代大型锅炉给水泵的转速，已由 3000r/min 提高到 7500r/min 。单级扬程已由 200m 左右达到 1000m 以上，因而使级数大大减少，一般采用 $2 \sim 3$ 级即可满足要求，相应的轴的长度也大为缩短，趋向于采用短而粗的刚性轴。提高转速后所产生的效果如表 0-1 和图 0-13 所示。由表中所列的数值可见，当转速由 3000r/min 提高到 7500r/min 时，重量减轻了 76% ，级数由 5 级减少到 2 级，这就使泵的外形尺寸大为减小。因此，提高转速后，可以减少体积，减轻重量，节省材料，使搬运维修都较为方便。由此带来的经

济效果是十分显著的。

表0-1 不同转速时锅炉给水泵重量和级数的比较

制造年份	机组容量 (kW)	泵转速 (r/min)	排出压力 (N/m ²)	单级扬程 (m)	级数	泵重量 (kN)
1960	550000	3000	1922×10^4	341	5	432
1965	600000	4700	2217×10^4	567	4	167
1970	660000	7500	2187×10^4	1143	2	103

由于汽轮机驱动可以提高大容量机组热力系统的经济性，且易于变速，所以目前国外大型机组的给水泵多采用汽轮机驱动。例如，在美国是以 400MW 机组为界，日本和欧洲一些国家则以 250MW 机组为界，大于这个容量的机组，采用汽轮机变速驱动，小于这一容量则采用电动机驱动，或采用电动机加装增速齿轮和液力联轴器变速驱动。目前，我国 300MW 机组是采用汽轮机驱动。

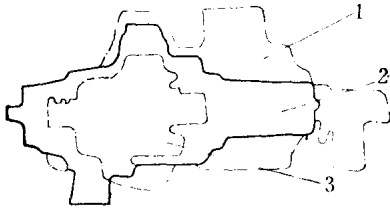


图0-12 不同转速时锅炉
给水泵体积比较示意图

1—为3000r/min时的泵体积；2—为4700r/min
时的泵体积；3—为7500r/min时的泵体积

对于送、引风机，一般仍采用电动机驱动（定转速或可变转速的电动机）。目前，大型的送、引风机也有采用汽轮机驱动的趋势，因为采用汽轮机驱动，可以提高电厂热经济性，并能使驱动风机的汽轮机在相当大的范围内变速，与采用电动机相比，当机组负荷降低时，在提高供电出力 and 降低热耗方面都更为有利。

三、高效率与节能

能源问题已是当今世界的重大问题之一，能源状况直接决定着国家的经济发展，并直接影响到人民生活。我国的能源方针是：开发与节约并重，近期把节能放在优先地位。

泵与风机是使用得极为广泛的一种通用机械，据统计，泵的电能消耗占全国电能消耗的 21%，风机占 10% 以上，由此可见，电能消耗是十分惊人的。因此，提高泵与风机的设计效率和运行效率具有十分重要的意义。我国在这方面也进行了大量的工作，如改进后的 DG400-140 型锅炉给水泵的效率可达 79%， G_Y4-73 型后弯机翼型叶片离心式送、引风机的效率可达 90% 以上。泵与风机除了从提高本身效率着手外，还需改造或更换使用中的旧的泵与风机。国务院节能 2 号指令规定：凡离心泵、轴流泵的效率低