



数据加载失败，请稍后重试！



数据加载失败，请稍后重试！

## 前 言

本教材是根据 1984 年 5 月在上海召开的高等工业学校流体动力机械类专业教材编审委员会水力机械教材编审小组会议修订的教学计划和教学大纲以及 1985 年 9 月在兰州召开的水力机械教材编审小组会议审定的《叶片泵原理及水力设计》编写大纲编写的。

《叶片泵原理及水力设计》是水力机械专业的主要专业课程之一。本教材共分十章，第一章至第九章系统地叙述了叶片泵的原理和各种水力设计的方法，其主要内容包括叶片泵的基本理论、叶片泵的运转计算、泵内的汽蚀、离心泵和轴流泵的叶轮及其他各过流部件的水力设计、泵内的损失、轴向力与径向力及其平衡，第十章讲述叶片泵的三元流动计算的理论与方法。第一章至第九章原则上是水力机械专业的本科生所必需学习的，第十章则可以根据因材施教的原则，供学习能力较强的学生学习，并可根据它学习编写比较长的计算机程序，以加强电子计算机的应用能力。

本书除作为高等工业学校水力机械专业教材外，也可作为高等教育自学考试机械类流体机械专业《离心泵及轴流泵》课程的教材，根据自学考试大纲选读其中有关内容。为了使自学者能顺利阅读，在书中某些章节中加强了必要的系统的理论介绍。本书还可供有叶片泵课程的各专业的师生以及从事水力机械科研、设计及生产的各级工程技术人员参考。

本书由清华大学水利系梅祖彦教授主审，高建铭副教授也参加了审阅工作。

由于编者水平所限，书中缺点错误在所难免，殷切希望读者给予批评指正。

编者

1987 年 2 月

# 常用符号及角标

## 常用符号

- $A$ ——轴向力, N (量的名称及其单位, 下同)  
 $a$ ——加速度,  $m/s^2$ ; 导流器螺旋线高度, m  
 $a_0$ ——导流器螺旋线末端高度, m  
 $B$ ——流道连盖板的宽度, m  
 $b$ ——流道宽度, m  
 $C$ ——汽蚀比转数  
 $C_x$ ——翼型迎面阻力系数  
 $C_{x1}$ ——单翼型迎面阻力系数  
 $C_{xc}$ ——栅内翼型迎面阻力系数  
 $C_y$ ——翼型升力系数  
 $C_{y1}$ ——单翼型升力系数  
 $C_{yc}$ ——栅内翼型升力系数  
 $D$ ——直径, m; 过流部件线性尺寸, m  
 $D_e$ ——外径, m  
 $D_i$ ——内径, m  
 $D_n$ ——颈部直径, m  
 $d$ ——直径, m  
 $d_h$ ——轮毂直径, m  
 $e$ ——单位质量液体的能量, J/kg  
 $F$ ——力, N  
 $g$ ——重力加速度,  $m/s^2$   
 $H$ ——扬程, m  
 $H_1$ ——多级泵单级扬程  
 $H_a$ ——吸水池液面汽化余量, m  
 $H_c$ ——装置扬程, m  
 $H_t$ ——理论扬程, m  
 $H_p$ ——势扬程, m  
 $H_v$ ——动扬程, m  
 $H_s$ ——泵的吸入高度, m  
 $H_{s1}^{cr}$ ——泵的第一临界吸入高度, m  
 $H_{s2}^{cr}$ ——泵的第二临界吸入高度, m  
 $H_{sg}$ ——泵的几何吸入高度, m  
 $H_v$ ——吸入真空度, m  
 $H_1$ ——单位扬程, m  
 $h$ ——水力损失, m; 压降, m  
 $h_1$ ——水力摩擦损失, m  
 $h_c$ ——旋涡损失, m  
 $h_{p1}$ ——吸入管路水力损失, m  
 $h_{sc}$ ——吸入室水力损失, m  
 $\Delta h$ ——汽蚀余量, m  
 $\Delta h_a$ ——装置汽蚀余量, m  
 $\Delta h_p$ ——泵的汽蚀余量, m  
 $i$ ——多级泵的级数  
 $i_0$ ——叶栅的另向系数  
 $K$ ——叶栅的疏密系数; 泵的型式数; 管路的流量模数,  $s^2/m^5$ ; 速度矩,  $m^2/s$   
 $L$ ——长度, m  
 $l$ ——长度, m  
 $M$ ——力矩,  $N \cdot m$ ; 压力计读数  
 $m$ ——质量, kg  
 $NPSH$ ——汽蚀余量  
 $n$ ——转速,  $r/min$   
 $n_s$ ——比转数  
 $P$ ——泵的输入功率, W; 压力, N; 平衡盘轴向平衡力, N  
 $P_u$ ——泵的输出功率, W  
 $P_h$ ——泵的水力功率, W  
 $P_1$ ——单位功率  
 $P_x$ ——翼型的迎面阻力, N  
 $P_y$ ——翼型的升力, N  
 $\Delta P_{fr}$ ——轴承及填料箱的摩擦损失功率, W  
 $\Delta P_d$ ——圆盘摩擦损失功率, W  
 $\Delta P_m$ ——机械损失功率, W  
 $p$ ——液体压强, Pa  
 $p'$ ——容器内液面压强, Pa  
 $p_a$ ——大气压强, Pa  
 $p_v$ ——液体汽化压强, Pa  
 $Q$ ——流量,  $m^3/s$ ; 热量, J  
 $Q_t$ ——理论流量,  $m^3/s$   
 $Q_1$ ——单位流量  
 $q$ ——质量流量,  $kg/s$ ; 泄漏量,  $m^3/s$

$R$ ——半径, m; 反作用力, N  
 $r$ ——半径, m  
 $r_e$ ——环列叶栅的有效作用半径, m  
 $r_o$ ——轴面液流过流断面形成线的几何中心半径, m; 曲率半径, m  
 $S$ ——叶片厚度, m  
 $S_n$ ——叶片的圆周方向厚度, m  
 $S_M$ ——叶片在轴面内的厚度, m  
 $S_r$ ——叶片的径向厚度, m  
 $T$ ——热力学温度, K  
 $t$ ——摄氏温度,  $^{\circ}\text{C}$ ; 时间, s; 叶栅的栅距, m  
 $U$ ——圆周速度, m/s  
 $V$ ——真空计读数; 流体绝对速度的平均值, m/s  
 $V_n$ ——绝对速度平均值的圆周分量, m/s  
 $V_m$ ——轴面速度的平均值, m/s  
 $V_n$ ——叶轮颈部绝对速度的平均值, m/s  
 $v$ ——液体质点的绝对速度, m/s  
 $v_n$ ——液体质点绝对速度的圆周分量, m/s  
 $v_m$ ——液体质点的轴面速度, m/s  
 $W$ ——液流相对速度的平均值, m/s  
 $w$ ——液体质点的相对速度, m/s  
 $y$ ——有限叶片数修正系数  
 $Z$ ——标高, m; 叶轮叶片数  
 $Z_0$ ——导流器叶片数  
 $\alpha$ ——液流绝对速度与圆周之间的夹角; 翼型冲角  
 $\Delta\alpha$ ——叶片进口冲角  
 $\beta$ ——液流相对速度与圆周之间的夹角  
 $\beta_b$ ——叶片安放角  
 $\Gamma$ ——速度环量,  $\text{m}^2/\text{s}$   
 $\Gamma_1$ ——叶栅进口前的速度环量,  $\text{m}^2/\text{s}$   
 $\Gamma_2$ ——叶栅出口后的速度环量,  $\text{m}^2/\text{s}$   
 $\Delta$ ——绝对粗糙度  
 $\delta$ ——叶片与盖板之间的夹角  
 $\zeta$ ——水力阻力系数  
 $\eta$ ——水泵的效率

$\eta_h$ ——水力效率  
 $\eta_v$ ——容积效率  
 $\eta_m$ ——机械效率  
 $\theta$ ——叶片包角  
 $\lambda$ ——水力摩擦阻力系数; 叶栅的汽蚀系数; 相似泵线性尺寸比值  
 $\mu$ ——流量系数; 动力粘度,  $\text{Pa}\cdot\text{s}$   
 $\nu$ ——运动粘度,  $\text{m}^2/\text{s}$   
 $\xi$ ——动扬程系数  
 $\rho$ ——势扬程系数; 密度,  $\text{kg}/\text{m}^3$   
 $\sigma$ ——面积,  $\text{m}^2$ ; 应力, Pa  
 $\tau$ ——体积,  $\text{m}^3$ ; 切应力, Pa  
 $\varphi$ ——势函数  
 $\psi$ ——流函数; 排挤系数; 扬程系数  
 $\omega$ ——角速度,  $\text{rad}/\text{s}$   
 $\omega_l$ ——液体的旋转角速度,  $\text{rad}/\text{s}$

### 角 标

0——叶片进口边前  
 1——叶片进口边后; 单翼型  
 2——叶片出口边前  
 3——叶片出口边后  
 $\infty$ ——无限叶片数  
 $av$ ——平均值  
 $b$ ——叶片的  
 $c$ ——栅内的  
 $cr$ ——临界值  
 $D$ ——叶片工作面  
 $d$ ——设计值  
 $gr$ ——容许值  
 $i$ ——诱导轮  
 $M$ ——模型泵  
 $m$ ——轴面  
 $max$ ——极大值  
 $min$ ——极小值  
 $opt$ ——最佳值  
 $P$ ——原型泵  
 $s$ ——叶片背面

# 目 录

## 常用符号及角标

第一章 概论	1
第一节 泵的定义和分类	1
第二节 叶片泵的基本参数、主要过流 部件及工作原理	2
第三节 叶片泵的发展概况及其用途	4
第四节 叶片泵结构型式简介	7
第二章 叶片泵的基本理论	20
第一节 泵的损失和效率	20
第二节 离心泵叶轮及与叶轮有关的名 词术语	22
第三节 液体在叶轮中的运动、叶轮的 进出口速度三角形	24
第四节 叶片泵的基本方程	32
第五节 叶片泵的特性曲线	36
第六节 叶片泵的性能试验	41
第七节 液体粘度对叶片泵特性曲线的影响	43
第八节 泵的相似定律	45
第九节 比例定律及其应用、通用特性曲线	51
第十节 泵的全特性曲线	53
第十一节 叶片泵的比转数、叶片泵的分类	57
第十二节 水泵设计的模型换算法	61
第十三节 相似换算中的尺寸效应	63
第十四节 离心泵叶轮的切割及泵的系 列型谱	65
第三章 叶片泵的运转计算	70
第一节 水泵装置及水泵的运转工况点	70
第二节 叶片泵在管路系统中的运转	72
第三节 水泵工况的调节	75
第四章 泵内的汽蚀	78
第一节 汽蚀的概述	78
第二节 汽蚀的基本方程	79
第三节 叶片泵的吸入高度及吸入真空度	84
第四节 叶片泵的汽蚀相似定律	86
第五节 叶片泵的汽蚀比转数 $C$	87
第六节 叶片泵的汽蚀试验	89
第七节 液体的汽化潜热对泵内汽蚀发	

展的影响	91
第八节 叶轮进口直径对汽蚀性能的影响	94
第九节 提高水泵汽蚀性能的途径	97
第十节 诱导轮	98
第五章 离心泵的叶轮	104
第一节 叶轮各部分尺寸的计算	104
第二节 叶轮叶片数 $Z$ 及叶片出口安放 角 $\beta_{2a}$ 的选择	110
第三节 叶轮出口直径 $D_2$ 的校核计算 或出口安放角 $\beta_{2a}$ 的计算	115
第四节 叶片进口安放角 $\beta_{1a}$ 的计算及 冲角 $\Delta\alpha$ 的选定	121
第五节 叶轮设计中的速度系数法	125
第六节 叶轮轴面投影图的绘制	127
第七节 叶片的绘型	130
第八节 叶轮的轴面液流为有势流动的 二元理论设计方法	139
第九节 轴面液流为给速度分布的二 元理论叶片绘型法	144
第十节 抽送悬浮质的叶轮的设计	147
第六章 离心泵的压出室和吸入室	149
第一节 螺旋形压出室	149
第二节 径向导流器及流道式导流器	158
第三节 压出室形状对泵性能的影响	166
第四节 轴向导流器	166
第五节 抽送悬浮质泵的环状压出室	172
第六节 叶片泵的吸入室	175
第七章 离心泵内的损失	182
第一节 离心泵的能量平衡试验	182
第二节 泵内损失和圆盘摩擦损失	187
第三节 离心泵的容积损失	196
第四节 泵内的水力损失	207
第八章 轴向力、径向力及其平衡	210
第一节 叶片泵的轴向力及其平衡	210
第二节 平衡盘的设计	216
第三节 径向力及其平衡	220
第九章 轴流式水泵	223

第一节	轴流泵的概述及其用途 .....	223	图表设计法 .....	260	
第二节	轴流泵叶轮中液体的运动及轴流泵 圆柱截面间液流互不相关假定 .....	229	第十一节	奇点分布法设计轴流泵叶轮 的叶栅 .....	271
第三节	轴流泵的转速 $n$ 、叶轮外径 $D$ 、轮 毂比 $d_h/D$ 及叶片数 $Z$ 的决定 .....	226	第十二节	轴流泵的吸入室、导流器 (导叶)、扩散管、弯管及 出水流道 .....	284
第四节	轴流泵叶轮的轴面投影图及其 轴面流线的绘制、轴面速度 和速度环量的分布 .....	231	第十三节	轴流泵的特性曲线 .....	293
第五节	翼型介绍 .....	234	第十章	叶片泵的三元流动计算 .....	296
第六节	任意形状翼型及其特性简介 .....	243	第一节	三元流动计算概述 .....	296
第七节	单翼型与栅内翼型升力系数的 关系 .....	246	第二节	三元流动计算中所要应用的流 体力学公式介绍 .....	297
第八节	轴流泵叶轮的升力设计法 .....	251	第三节	叶轮机械三元流动的准正交面 计算方法 .....	298
第九节	轴流泵叶轮升力设计法的设计 步骤 .....	256	第四节	准正交面三元流动计算方法的 数值求解步骤 .....	313
第十节	轴流泵叶轮叶栅的圆弧薄翼型		参考文献 .....	316	

# 第一章 概 论

## 第一节 泵的定义和分类

### 一、泵的定义

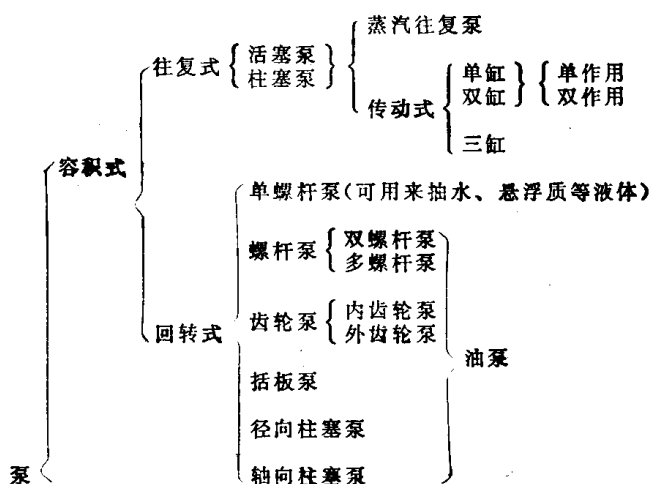
泵是一种将能量传递给被抽送的液体，使其能量增加，从而达到抽送液体的目的的机器。它包括：1) 把原动机的机械能传递给它所抽送的液体，使液体的机械能（液体的位能、压能及动能）增加，从而使被抽送液体能够克服管路中的阻力，从低能量（位能及压能较低）的液源经过管路流向高能量（位能及压能较高）液体的地方。本书所叙述的叶片泵，就是这一类型的泵。2) 泵把液流甲的能量传递给液流乙，当这两股液流流过泵的时候，液流甲的能量减小，液流乙的能量增大，两股液流混在一起流出泵，达到抽送液流乙的目的，这种泵称射流泵。3) 泵把一股液流中的能量集中到部分液流之中，使这部分液流的能量增大，以达到抽送部分液流的目的，例如水锤泵。总之，凡是执行传递能量给液体，从而达到抽送液体的目的的机器，我们都称之为泵。但不包括提水工具，如辘轳、水车、吊桶等，因为这是工具，我们一般不称之为机器。

与泵的结构形式和工作原理十分相似的压缩机，因为抽送的不是液体而是气体，我们不称之为泵，有些人称它为“气泵”，但在学科中以及绝大多数人均是把它称为压缩机。同样，抽送的也不是液体而是气体，目的是造成及保持容器中真空度的机器，我们称之为真空泵。对于真空泵，在水力机械学科中除水环真空泵以外，一般不加以研究。

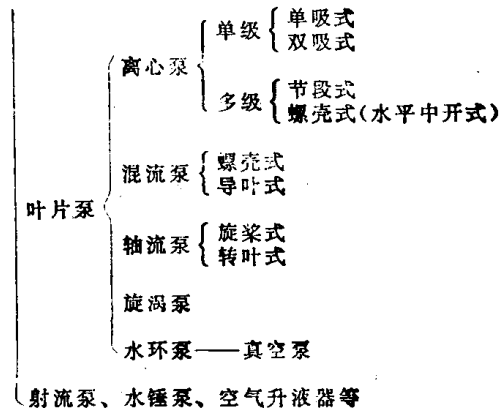
### 二、泵的分类

泵的类型很多，如按工作原理来分，主要可分为容积泵和叶片泵两大类，在两大类以外，尚有一些归纳不进这两大类的泵，如射流泵、水锤泵、空气升液器等。

容积泵与叶片泵之间的区别如下：凡是容积泵，它的吸入口与压出口之间是不连通的，其间总是有某些零部件把它们隔开；凡是叶片泵，其吸入口与压出口之间是连通的，如从吸入口开始画一根线，此线可以通过流道直通压出口。容积泵与叶片泵又可分为多种类型。泵的分类如下表：







## 第二节 叶片泵的基本参数、主要过流部件及工作原理

### 一、叶片泵的基本参数

本课程中所讲的叶片泵，是指离心泵和轴流泵。叶片泵的基本参数包括泵的流量、扬程、转速及功率。此外还有一个重要的参数，即泵的容许吸入高度，有人也把它放入基本参数之中，我们则把它放到第四章泵内的汽蚀中去介绍。现将叶片泵的基本参数分述如下：

#### 1. 流量

泵的流量有体积流量和质量流量之分，体积流量是泵在单位时间内所抽送的液体体积，即是从泵的压出口截面所排出的液体体积。体积流量用  $Q$  表示，其单位为立方米每秒 ( $\text{m}^3/\text{s}$ )、升每秒 ( $\text{l/s}$ ) 或立方米每小时 ( $\text{m}^3/\text{h}$ )。质量流量则是泵在单位时间内所抽送的液体质量，质量流量用  $q$  表示，其单位为千克每秒 ( $\text{kg/s}$ ) 或吨每小时 ( $\text{t/h}$ )。

通常所说泵的流量是指体积流量，仅在极少数的情况下才用质量流量，例如锅炉给水泵，因为锅炉的蒸发量是以吨每小时计的，故锅炉给水泵的流量有时也用质量流量。所以一般讲泵的流量，是指泵的体积流量  $Q$ 。因为质量流量  $q$  用得极少，故本书在后面用  $q$  来表示泵内的体积泄流量，而当用  $q$  代表质量流量时，则先用文字加以说明。

泵的流量  $Q$  与质量流量  $q$  之间的关系为：

$$Q = \frac{q}{\rho} \quad (1-1)$$

式中  $\rho$ ——液体的密度。

#### 2. 扬程

泵的扬程是指单位重力的液体流过泵后其能量的增值，即是泵压出口处单位重力液体的机械能  $e_2$  减去泵吸入口处单位重力液体的机械能  $e_1$ ，扬程以  $H$  表示，其单位为每牛顿液体增加的焦耳数  $\text{J/N}$ ，而能量单位焦耳即是牛顿米， $\text{J} = \text{N} \cdot \text{m}$ ，故扬程的单位为米， $\text{N} \cdot \text{m}/\text{N} = \text{m}$ 。如用公式表示，则扬程为：

$$e_2 = \frac{1}{g} \left( Z_2 g + \frac{p_2}{\rho} + \frac{\alpha_2 V_2^2}{2} \right) = Z_2 + \frac{p_2}{\rho g} + \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g}$$

$$e_1 = \frac{1}{g} \left( Z_1 g + \frac{p_1}{\rho} + \frac{\alpha_1 V_1^2}{2} \right) = Z_1 + \frac{p_1}{\rho g} + \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g}$$

$$H = e_2 - e_1 = (Z_2 - Z_1) + \frac{p_2 - p_1}{\rho g} + \frac{\alpha_2 V_2^2 - \alpha_1 V_1^2}{2g} \quad (1-2)$$

扬程与比能增值  $Y$  (单位质量液体流过泵时能量的增值) 之间的关系为

$$Y = gH$$

从国际单位制 (SI) 所采用的基本单位来讲, 最好用比能增值来代替扬程, 但扬程有其优点, 即它是泵所抽送液体的液柱高度, 有直观感, 故现在仍通用以扬程来作泵的基本参数。

3. 转速 泵的转速是指单位时间内泵转子的回转数, 泵的转速以  $n$  表示, 其单位为转每分 ( $r/min$ ) 或转每秒 ( $r/s$ )。转速也可用转子的回转角速度  $\omega$  表示, 它的单位为每秒 ( $1/s$ ), 转速与角速度之间的关系为

$$\omega = \frac{2\pi n}{60}$$

4. 功率 泵的功率是指泵的输入功率, 即是原动机传递给泵轴的功率, 以  $P$  表示, 单位为瓦 (W)。

泵除输入功率外, 还有输出功率, 输出功率是指液体流过泵时由泵传递给它的有用功率, 也就是质量流量  $Q\rho$  与单位质量流体流过泵时能量的增值  $gH$  的乘积, 输出功率以  $P_e$  表示,

$$P_e = Q\rho gH \text{ (W)} = \frac{Q\rho gH}{1000} \text{ (kW)}$$

式中  $\rho$  ——液体的密度,  $[\rho]$  为  $kg/m^3$ 。

输入功率与输出功率是不相等的, 泵内有功率损失, 损失的大小以效率  $\eta$  来衡量, 水泵的效率是输出功率与输入功率之比:

$$\eta = \frac{P_e}{P} \quad (1-3)$$

从这里我们可以求得泵的输入功率的公式:

$$P = \frac{P_e}{\eta} = \frac{Q\rho gH}{\eta} \text{ (W)} = \frac{Q\rho gH}{1000\eta} \text{ (kW)} \quad (1-4)$$

## 二、叶片泵的主要过流部件

叶片泵的主要过流部件有泵的吸入室、叶轮和压出室, 最简单的离心泵的过流部件见图 1-1, 轴流泵的过流部件见图 1-2, 现分别介绍其作用和要求如下:

### 1. 吸入室

吸入室的功用是将液体从吸水管路引入叶轮的进口处, 为了使泵有较好的能量性能和汽蚀性能, 要求液体流过吸入室时水力损失最小和液体流入叶轮进口时速度分布均匀。

### 2. 叶轮

叶轮是将能量传给液体的部件, 液体流过叶轮时从叶轮处得到能量, 于是液体的动能与压能均增大, 我们对叶轮的要求是在规定数量的流量流过叶轮时, 每一单位重量的流体从叶轮处得到规定数量的能量, 并且在叶轮中水力损失最小。

### 3. 压出室

压出室的功用是把叶轮出口处流出来的液体收集起来, 并把它送入压水管路。液体从叶轮中流出时速度是很大的, 为了减小压水管路中的水力损失, 将液体送入压水管路以前, 必

⊖  $[\rho]$  表示物理量  $\rho$  的单位, 全书同。

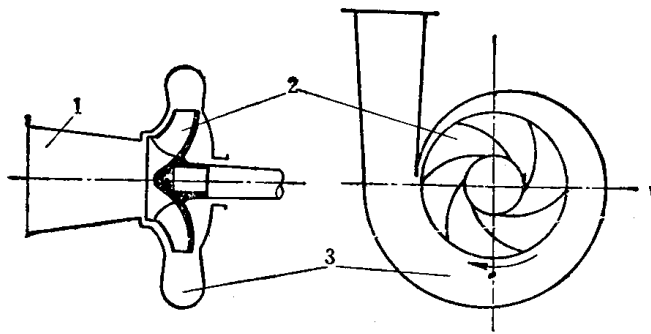


图1-1 离心泵的过流部件  
1—吸入室 2—叶轮 3—压出室

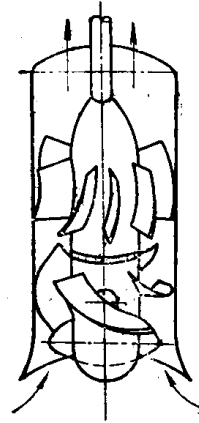


图1-2 轴流泵的过流部件

须将液体的速度降低，将部分动能转化为压能，这个任务也要在压出室中完成，并且要求压出室内水力损失最小。

上面讲的是离心泵的吸入室、叶轮和压出室。轴流泵则如图 1-2 所示，泵外形如一管子，管口呈喇叭形，即是轴流泵最简单的吸入室，管内装有螺旋桨式的叶轮，它的作用与离心泵的叶轮相同，叶轮后面装有一组导叶，称为导水机构，它的作用相当于离心泵的压出室，液体自轴流泵叶轮流时有一旋转运动，导水机构的作用是消除液体的旋转运动，把旋转运动的动能转化为压能，而后再把液体经过弯管送入压水管路。

### 三、叶片泵的工作原理

离心泵的工作原理如下：泵内充满液体，而后启动离心泵，叶轮快速转动，叶轮的叶片驱使液体转动，液体转动时依靠惯性向叶轮外缘流去，同时，叶轮从吸入室吸进液体。在这一过程中，叶轮中的液体绕流叶片，在绕流运动中液体作用一升力于叶片，反过来叶片以一个与升力大小相等、方向相反的力作用于液体，这个力对液体做功，使液体得到能量而流出叶轮，这时液体的动能与压能均增大。

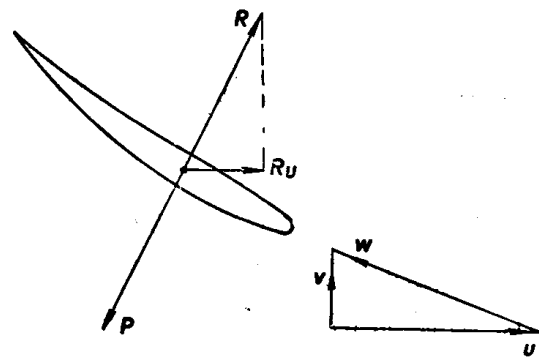


图1-3 轴流泵工作原理图

轴流泵的工作原理如下：轴流泵的叶轮是由几个叶片组成，如我们用与轴流泵叶轮同心的圆柱面去剖切叶轮叶片，则就得到翼型叶栅，我们看叶栅中的一个翼型（图 1-3），翼型的圆周速度为  $u$ ，进口前液流的绝对速度为  $v$ ，则液流相对于翼型的相对速度为  $w$ ， $w = v - u$ ，液流以相对速度  $w$  绕流翼型时，作用在翼型上的力为  $P$ ，则翼型作用在液流上的力为  $R = -P$ ，这个力对液体做功，其功率为  $R \cdot u$ 。由于这个道理，我们可以见到叶轮对液体做功，液体流过叶轮时动能和压能得到增加。

## 第三节 叶片泵的发展概况及其用途

### 一、叶片泵的发展概况

叶片泵，即离心泵和轴流泵，这是应用得最广泛的泵，因为它们有体积小、流量大的优

点。只有当要求流量很小，而又要求扬程很高的情况下，才不用叶片泵，而用容积式泵。

离心泵的应用和发展，与高速原动机的问世有着很大的关系，因为离心泵是一种高转速的泵，当泵的转速很低时，离心泵的优点就不复存在。离心泵早在公元5世纪就出现了，那是一台在圣多明各铜矿中用来排水的木制的泵，现陈列在巴黎博物馆中。15世纪末意大利著名学者达·芬奇（Leonardo da Vinci, 1452~1519）提出了离心泵的概念，法国物理学家坦尼斯·巴本（Denis Papin, 1647~1714）在1689年制造出了离心泵的试验模型，1705年巴本又在试验泵的基础上加以改进，制造出第一台多叶片的、并且采用螺旋形压出室的泵可以称得上离心泵，如图1-4所示。而后在很长的年月里，不断有人研究离心泵，但是离心泵在实际应用上没有得到发展，在蒸汽机全盛时期，所用的泵几乎全是容积式的泵——往复泵。后来汽轮机问世，发电技术进步以及电动机问世，出现了高速原动机，于是离心泵以及比它稍后出现的轴流泵和混流泵迅速地得到发展，在很大的领域内排挤掉了容积式泵，而成为应用得最广泛的泵。

现在叶片泵应用范围非常广泛，技术水平也达到了相当的高度，其功率自几百瓦到数万千瓦，转速最高达数万转每分，扬程可达数千米，流量可达近百立方米每秒。

## 二、叶片泵的用途

在现代社会中，从人民生活到国民经济各部门：工业到农业，民用到军用，一般技术到尖端技术部门等等，都离不开泵，下面简单介绍其主要用途：

### 1. 农业灌溉和排涝用泵

我国是土地面积十分辽阔的国家，目前我国农田约有十五亿亩左右，还有大量的荒地有待开垦，这样大量的土地都要灌溉或排涝。为了使农田水利化，以保证农业的丰收，水泵要起重大的作用。目前全国排灌机械保有量约有750万台左右，配套动力约5700万kW。这是一个很大的数字，但我国耕地中有灌溉的面积，包括机灌及自流灌溉在内，还只有一半左右，而且这一半基本上在我国东南部，是土地较平坦，所需扬程较低的部分。而祖国的西北部，要求扬程较高的地方，灌溉问题基本上没有解决。就是已解决的部分，也因为灌溉设备设计、制造、管理等问题，效率低，能源浪费大。这一切说明在我们的肩上担负着十分艰巨的任务。

### 2. 工业及城市供水用泵

关于城市供水的重要性，是人所共知的。城市中的自来水是由水厂一级泵站中的泵抽吸江河之水经沉淀消毒，再经二级泵站中的泵将水送往用户，城市中每人每天要用很多的水，如果停水，就不仅使人感到不方便，而且城市卫生就会恶化。

工业用水量是很大的。不管重工业，还是轻工业，没有水是不能生产的。一些大工业，例如钢铁厂，经常是有自己的抽水泵站，如果停水，轻则影响生产，重则会造成破坏设备的重大事故。

### 3. 电力工业用泵

电站中要用很多泵，水电站中为了排水，需要用泵，热电站中则用泵更多，主要有：

(1) 锅炉给水泵 用它向锅炉里送水，这种泵的特点是高压、大功率、高转速，美国配130万kW发电机组的全容量高速给水泵的参数为：流量4400 t/h、扬程以压强来计算

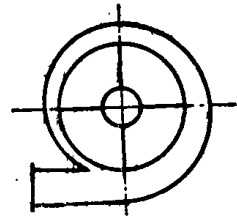


图1-4 巴本设计的离心泵

为 29.655MPa、转速为 4160 r/min、输入功率为 49300kW。现有的锅炉给水泵的转速已高达 9000 r/min。

(2) 冷凝泵 冷凝泵用来从汽轮机冷凝器中把冷凝水抽出,冷凝器中的绝对压强甚低,只有 (3~5)kPa,冷凝水液面压强为饱和蒸汽压强,因此要求冷凝泵有很高的汽蚀性能。

(3) 循环水泵 电站中的循环水泵用来向冷凝器送冷却水,把冷凝器中蒸汽凝结成水,而把放出的大量汽化潜热带走,以保证冷凝器中的高真空度。循环水泵是一种扬程不高(约 20~40m 左右)、但流量很大(约为给水泵流量的 50 倍)的泵,一般电站均有自己的循环泵站。

(4) 冲灰泵 锅炉炉膛中大量的炉灰,和水后用冲灰泵抽送至储灰场,这种泵要求用特殊的耐磨材料制造。

(5) 其他如润滑油泵、水处理车间的各种耐腐蚀泵等等。

#### 4. 化学工业用泵

在化学工业中我们可以遇见很多特殊结构的离心泵,有抽送对普通材料有强烈腐蚀作用的液体的泵,如耐酸泵等,有抽送其蒸气有毒的高温液体的泵,要求其轴封特别严密,等等。

#### 5. 石油工业部门用泵

石油油田中要用很多泵,其中向地下注水的泵是高压大容量的泵,油井抽油的泵如深井潜油泵,它的级数特别多,有多达 350 级的。炼油厂中的泵种类也很繁多,其中的裂化油泵是高温高压泵,它抽送的石油温度为 400℃。

#### 6. 矿山用泵

所有矿井均要排水,否则矿井就有可能被水淹没。矿井排水用泵的特点是要求耐磨,因为水中含有沙粒石块,好象磨料,泵的磨损很快。此外如煤矿中水力采煤要用高压水泵,水力运煤要用一种煤浆泵等等。

#### 7. 造船工业用泵

海洋巨轮本身象一座城市,船上的动力部分好象一座发电厂,当然要用各种泵,其特点是要求重量轻,体积小,故船用泵一般讲来转速要高,结构型式常采用立式结构,以减小其占用舱内的面积,抽送海水的泵则要防海水腐蚀,故常用铜合金制造。

#### 8. 轻纺食品等工业用泵

各种工业均有其特殊的泵,如造纸工业用泵输送纸浆,纸浆泵的过流部件要防堵,其形状如泥浆泵的过流部件。食品工业要求卫生,用玻璃钢泵来输送流汁食品及原料,纺织染工业用不锈钢的泵输送染料等等。

#### 9. 水利建设用泵

水利建设中经常要修建大型泵站,用以调水,例如引滦工程、南水北调等。水利建设施工方面可用水力施工,如开凿运河、建造土坝等,均可用挖泥船上的泥浆泵来施工。

#### 10. 尖端科技方面用泵

现代尖端科技方面,例如原子能电站中有很多泵,这种泵要求运转十分可靠,要求密封处没有含放射性的液体外漏。液体运载火箭上的输送燃料及氧化剂的涡轮泵,要求重量轻及体积小,其转速极高,达几万转每分。

#### 11. 其他方面用泵

从上述可见,水泵在社会主义现代化建设中是有重要地位的,从事水泵科研和生产的人员应认识此重要意义,掌握有关水泵的科技知识,在水泵领域内为祖国的四化事业作出贡献。

#### 第四节 叶片泵结构型式简介

叶片泵的结构型式是十分繁多的，为了使大家有一些叶片泵结构型的概念，现简单介绍如下：

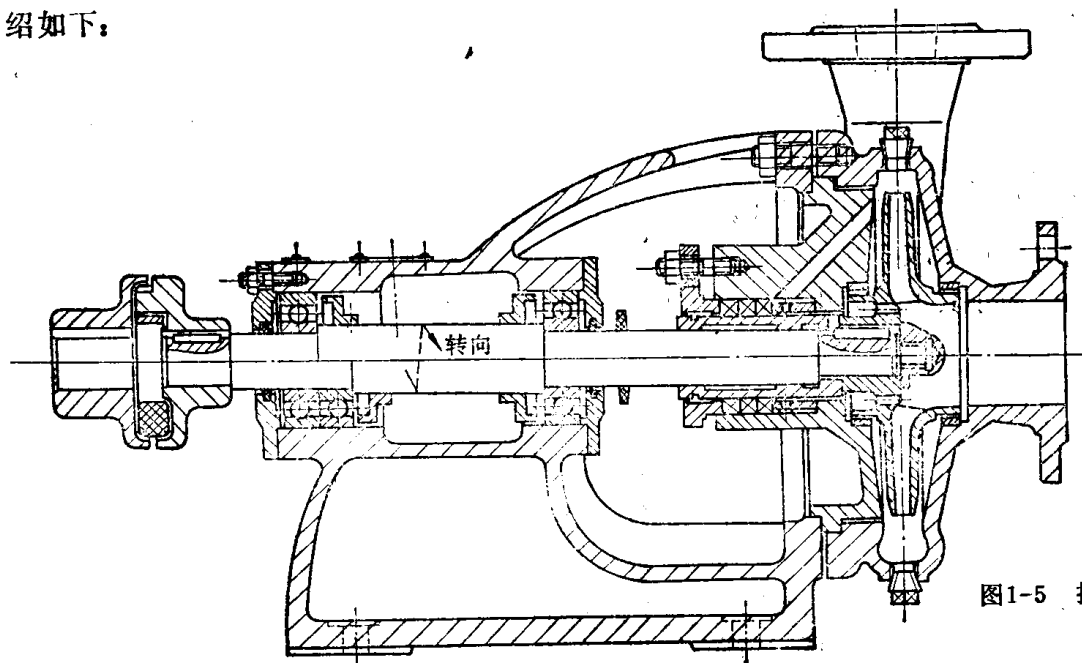


图1-5 托架式悬臂泵

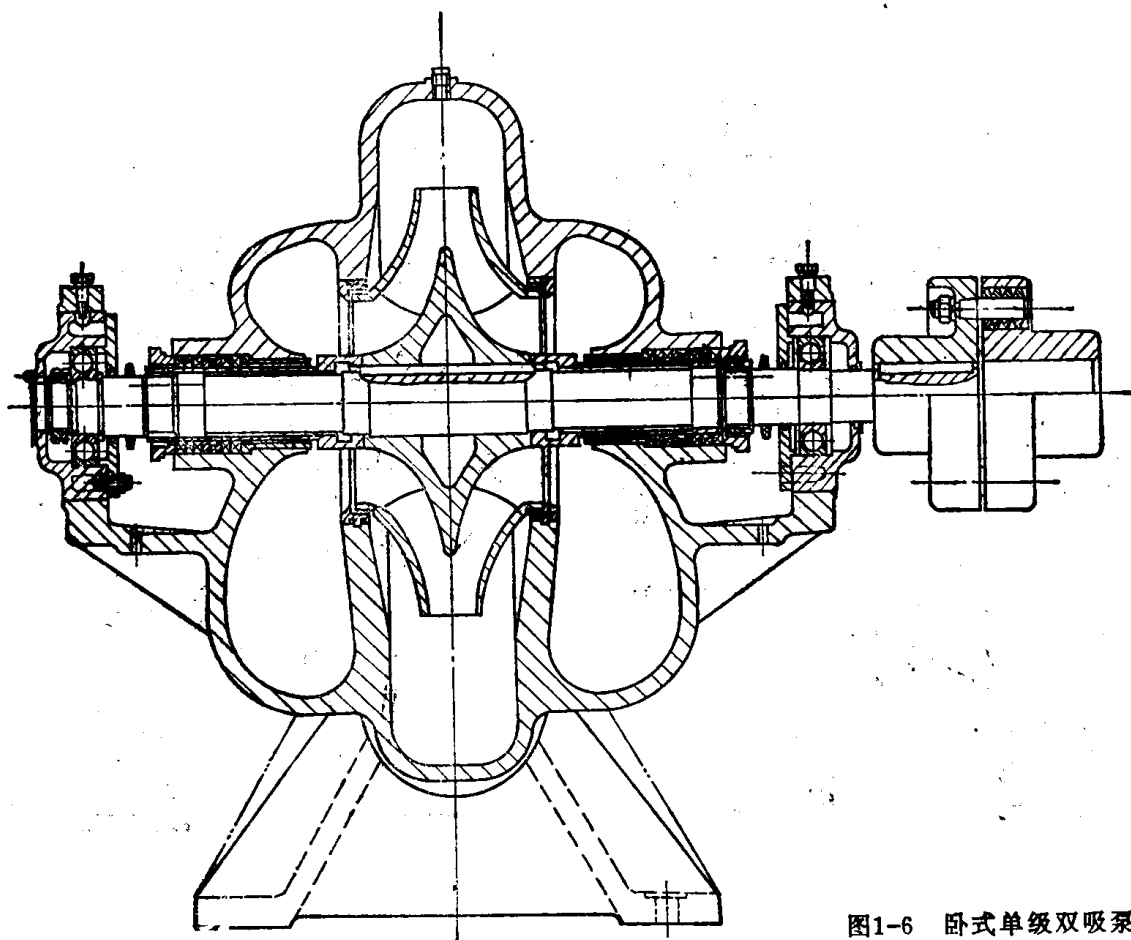


图1-6 卧式单级双吸泵

## 一、离心泵

### 1. 单级离心泵

单级离心泵大多采用螺旋形压出室，其叶轮的吸入方式有单吸式和双吸式两种，轴的布置则有卧式和立式两种，最常见最简单的泵如卧式托架式悬臂泵，这是一种单级单吸式的水泵，或称轴向吸入式泵，即 IS 泵，如图 1-5 所示。这是一种常温清水泵，其流量约为  $4.5 \sim 360 \text{ m}^3/\text{h}$ ，扬程约为  $8 \sim 100 \text{ m}$ 。如要求泵的流量较大，且要求泵的吸上性能（汽蚀性能）较好，则可采用卧式单级双吸泵，即是 S 型泵，如图 1-6 所示。这种泵的结构较 IS 型泵复杂，重量重，但它是水平中开式的泵，泵壳沿轴心线的水平面上上下分开，用法兰及螺钉连接，因此检修很方便，只要把泵盖卸下，整个转子即可取下。

上两类型的泵均可做成立式的，立式单级单吸泵如图 1-7 所示，这种泵大多是大型泵，对于这种泵，为了减小其占地面积（以减小泵房、节约投资），以及降低泵的吸入高度，可

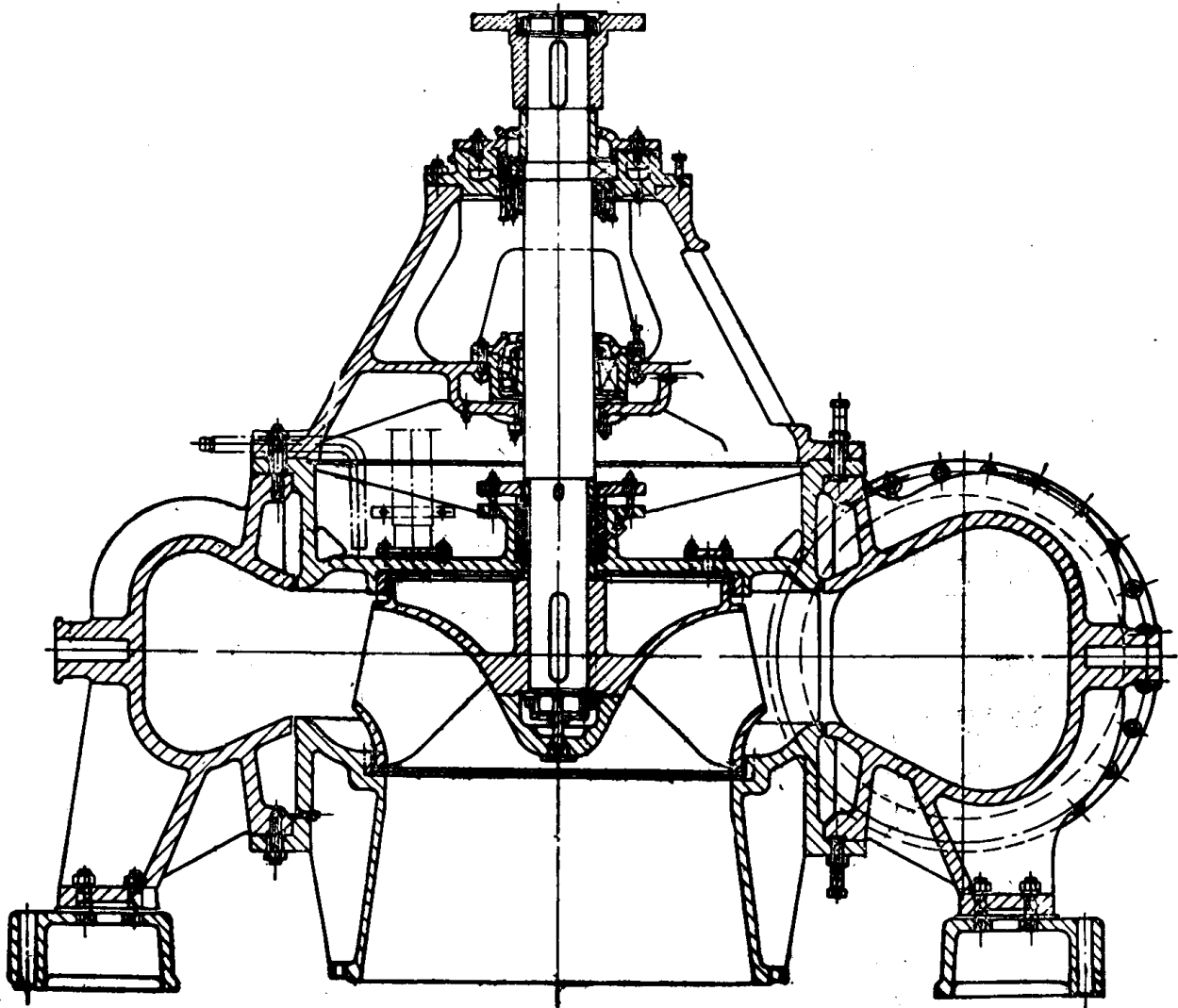


图1-7 立式单级单吸泵

采用立式结构。而单级双吸泵采用立式结构，即 SL 型泵，如图 1-8 所示，也可达到减小占地面积，故可应用于船舶上，此外，这种泵的电动机位置较高，故也适用于江边泵站。

## 2. 多级泵

为了提高泵的扬程，可把泵的叶轮串联起来，做成多级泵。离心式多级泵可分成两大类，一类是水平中开式泵，或称螺壳式多级泵，这种泵的叶轮布置都是对称的，用以抵消轴向力，如图 1-9 所示，这种泵的叶轮为了要对称布置，叶轮数总是双数的，但如果螺壳式多级泵的第一级叶轮是双吸式的（用以提高泵的汽蚀性能），则多级泵的级数一定是单数的，

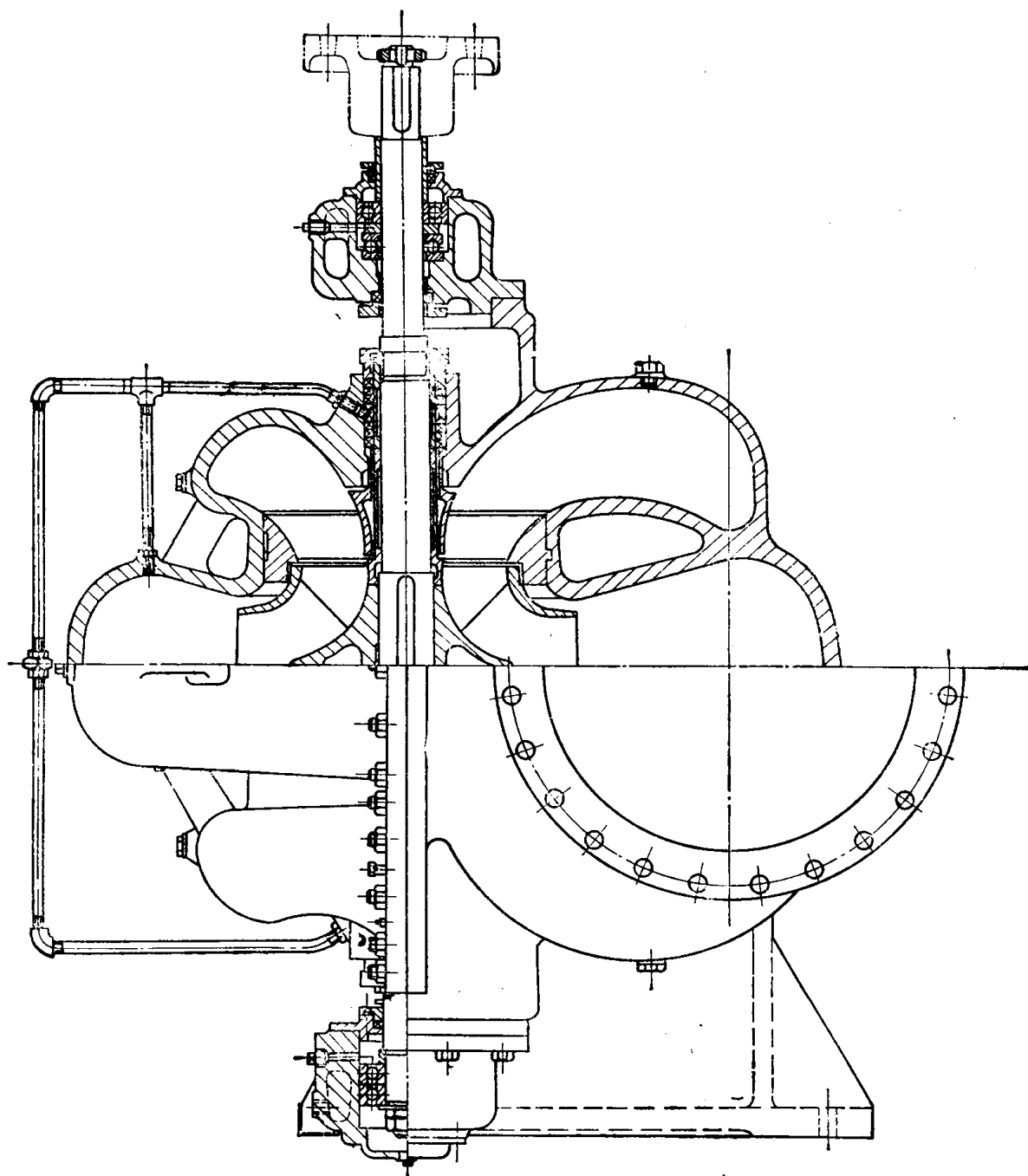


图1-8 立式单级双吸泵



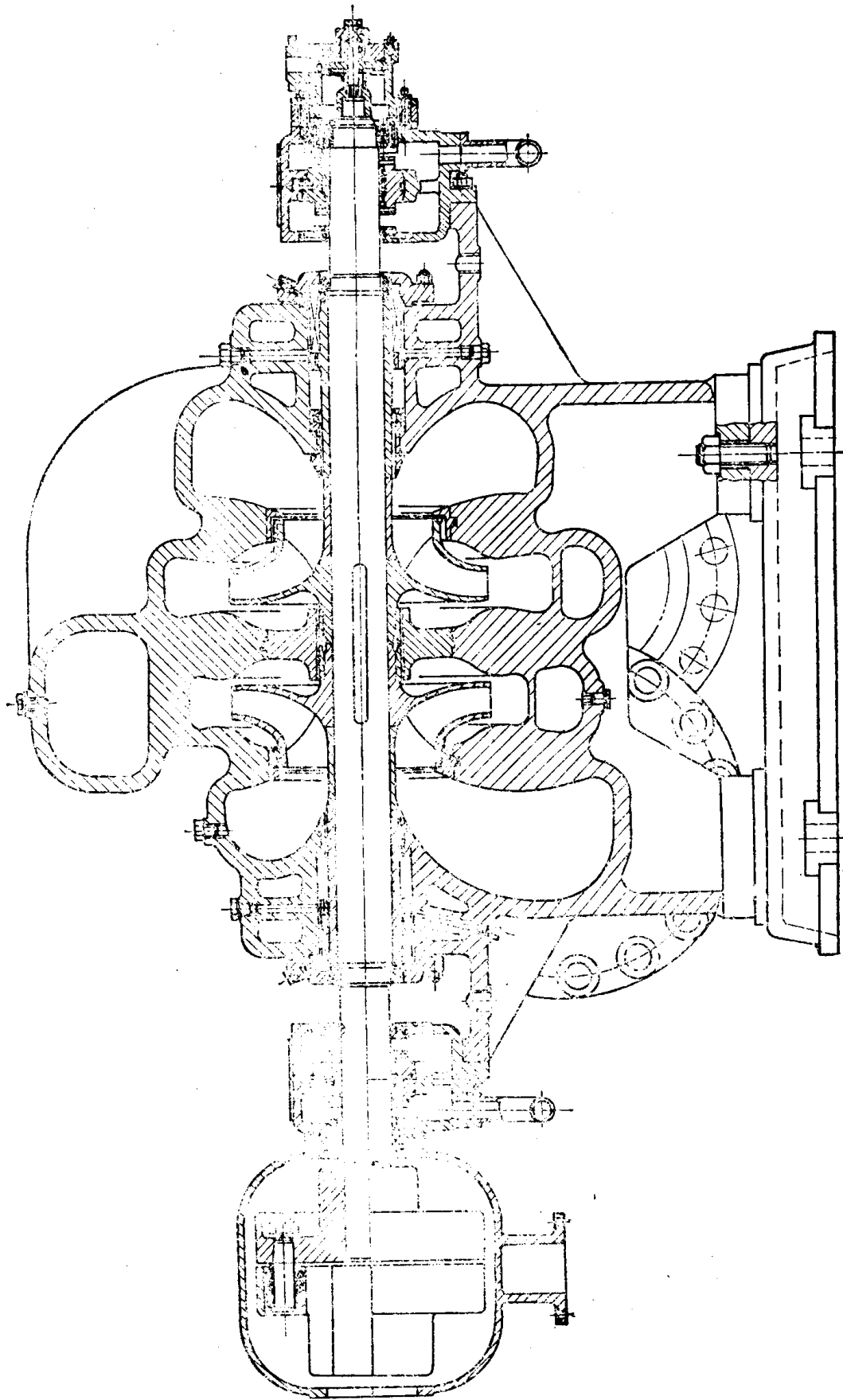


图1-9 螺壳式多级泵