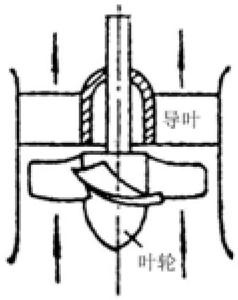
# 轴流泵的工作原理和基础理论

图 一 所 示 ， 为 轴 流 泵 工 作 时 的 简 单 示 意 图 。



图一 轴流泵

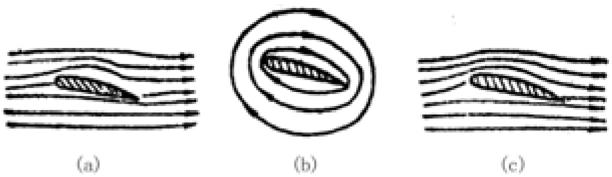
当叶轮作顺时针旋转时，浸沉在液体中的叶片对液体产生推和挤的作用，液体被吸入和压出，压出的液体经过导叶、扩压管流入工作管路。

下面对轴流泵的工作原理作较详细的分析；

## 机翼理论

轴流泵每个叶片的断面都与飞机的机翼相似，因此，可以用机翼理论来进行分析。关于机翼理论，在一般流体力学中都有详细的介绍，这里仅作简单的说明。

如图二所示，（a）图是等速平面流过机翼断面时的流线图；（b）图是一环流围绕着机翼断面流动的情形。机翼在静止流体中作等速运动时，其周围流线是由以上两种流动重迭而成，如图（c）所示。在（c）图中机翼的上部平行流与环流的方向相同，而下部则相反，这两种流动迭加后，在机翼上部流体的流速要增大，而下部的流速要减小，根据伯努利方程式，流速大的地方压力必小，而流速小的地方压力必大。由于机翼周围这种速度和压力的变化，就产生一种力，将机翼向上推动，这种力称为升力，用$P_y$表示，它垂直于流体流动方向。另一方面机翼在流体中运动时，必然受到阻力的作用，阻力用$P_x$表示（见图三）。




图二 流体流过机翼

机翼的升力和阻力可用实验公式求得：

$$P_y = C_y \rho F \frac{V^2}{2} \tag{1}$$

$$P_x = C_x \rho F \frac{V^2}{2} \tag{2}$$

式中：$C_y$——升力系数；

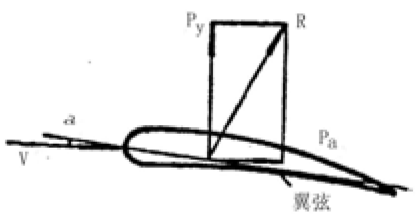
$C_x$——阻力系数；

$\rho$——流体密度；

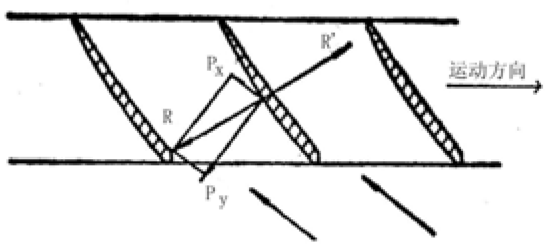
$V$——平行流流速；

$F$——机翼面积。

升力系数$C_y$和阻力系数$C_x$取决于机翼的相对厚度、断面形状、冲角（平行流与翼弦间的角度）、表面粗糙度及雷诺数等，对各种不同的翼型，其数值可利用在风洞内的试验结果求得。




图三 单个机翼上的升力、阻力和他们之间合力




图四 机翼展开图

现将上述原理应用到轴流泵中去，轴流泵的叶轮是由具有数个相同翼型叶片组成的一个环形叶栅。为分析方便将图一中叶轮上的叶片以同一半径展开，便成为图四所示的叶栅展开图。

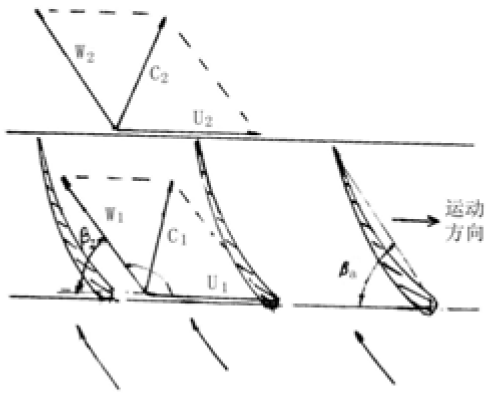
当轴流泵的叶轮作顺时针旋转时，叶栅向右运动。液体相对于叶栅产生了沿翼型表面的流动。所以，液体对翼型叶片产生一升力$P_y$和一阻力$P_x$，两者的合力用$R$表示。而翼型叶片也对液体产生一大小相等方向相反的反作用力$R'$。正是由于这个力的作用，轴流泵才将其叶轮的机械能传递给液体，使液体的压力升高，流速增加。

## 动量矩离心泵理论——速度三角形及其方程

图五为轴流泵叶轮进、出口速度三角形图，图中$c_1$、$c_2$；$w_1$、$w_2$；$u_1$、$u_2$分别为轴流泵叶轮进、出口的绝对速度，相对速度和圆周速度，由于叶轮进、出口直径相同，故$u_1=u_2$。$c_{1u}$，$c_{2u}$分别为绝对速度在圆周速度方向上的投影。

按动量矩定理，在稳定流中，单位时间内流体旋转动量矩的变化量等于同一时间内外力对同一轴线的外力矩。若外力矩为$M$，则：

$$M = Rm(c_{2u} - c_{1u}) \qquad (3)$$




图五　轴流泵叶轮进、出口速度三角形

$\beta_2$-流动角　$\beta_a$-装置角

式中：$M$——外力矩，在这里就是叶轮的转矩；

$R$——力矩半径，也就是轴流泵上环列叶栅的半径，对于轴流泵，进、出口半

径是相等的；

$m$——流体质量。

上式两边各乘上叶轮角速度$\omega$，可得：

$$M\omega = R\omega \cdot m(c_{2u} - c_{1u}) \quad (4)$$

根据力学原理，$M\omega$ 就等于叶轮对流体作功所需要的功率，即 $N = M\omega$ 。若不计损失，功率 $N$ 就等于流体所获得的能量，即 $mg \cdot H_{T\infty}$，于是可得：

$$N = M\omega = R\omega \cdot m(c_{2u} - c_{1u}) \quad (5)$$

即 $$mg \cdot H_{T\infty} = M\omega = R\omega m(c_{2u} - c_{1u}) \quad (5a)$$

又 $$R\omega = u$$

$$\therefore \quad mg \cdot H_{T\infty} = u \cdot m(c_{2u} - c_{1u})$$

$$H_{T\infty} = \frac{1}{g} u(c_{2u} - c_{1u})$$

又 $$c_{2u} = c_2 \cos\alpha_2 \qquad c_{1u} = c_1 \cos\alpha_1$$

$$\therefore \quad H_{T\infty} = \frac{1}{g} u(c_2 \cos\alpha_2 - c_1 \cos\alpha_1)$$

$$H_{T\infty} = \frac{uc_2 \cos\alpha_2 - uc_1 \cos\alpha_1}{g} \quad (6)$$