

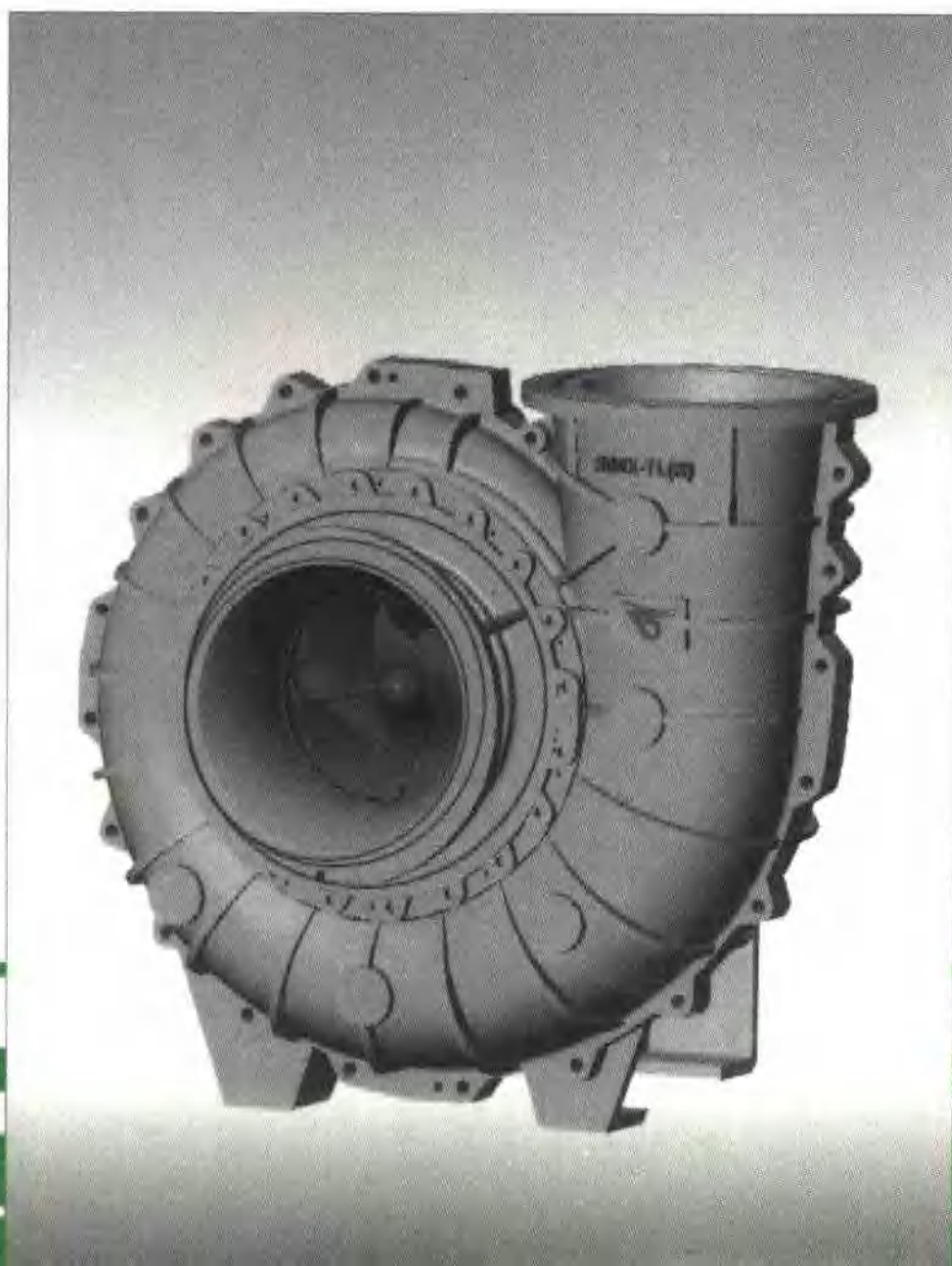
实用离心泵

速查手册

金瑞贞 许锡奇 李增民 编
河北科学技术出版社



SHIYONG LIXINBENG SUCHA SHOUC



实用离心泵速查手册

金瑞贞 许锡夺 李增民 编

河北科学技术出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

实用离心泵速查手册 / 金瑞贞, 许锡夺, 李增民编. — 石家庄: 河北科学技术出版社, 2005

ISBN 7-5375-3119-6

I. 实… II. ①金…②许… III. 离心泵-技术手册 IV. TH311-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 015203 号

实用离心泵速查手册

金瑞贞 许锡夺 李增民 编

河北科学技术出版社出版发行

(石家庄市友谊北大街 330 号)

河北新华印刷一厂印刷

新华书店经销

2005 年 6 月第 1 版 2005 年 6 月第 1 次印刷

开本 850×1168 1/64 印张 6.5 字数 280 千字

印数:1—3000 定价:16.00 元

速查手册系列图书编委会

主 编：赵地顺

副主编：李增民

编 委：金瑞贞

冯 丽

阎俊霞

赵月静

毛 磊

许锡夺

李立新

王永明

赵玲玲

刘小明

李志勇

刘小明

张振文

周芬萍

刑 杰

韩鹏彪

刑 杰

李佰茹

曲国明

前 言

泵是一种能使液体或固液两相混合物能量增加的机械，是人类应用最早的机械之一，泵在通用机械中应用数量仅次于电动机而居于第二位，广泛应用于农田排灌、城市给排水、石油化工、动力工业、冶金、矿山、船舶工业等领域。离心泵由于采用了离心原理进行设计和制造，具有结构简单、维护保养方便等优点，目前在各个行业和部门应用最为广泛。随着国民经济水平和工业化的不断发展，离心泵的用量将会越来越多。由于离心泵的效率普遍较低，能耗较大，因此，提高离心泵的设计水平，合理选择泵的型号，对节约能源和提高效率具有重要的意义。

为了适应市场需要，为广大设计、销售、使用和管理人员提供一种方便、快捷的离心泵实用参考工具书，以便快速了解离心泵的工作原理、结构设计、参数选择、购买选型等，我们编写了本手册。本手册共分九章，第一章介绍了离心泵的基本理论，包括离心泵的工作原理、泵的分类、主要性能参数、液体在离心泵中的流动理论、相似理论、汽蚀理论和参数计算等。第二章介绍了离心泵主要过流部件的设计方法，主要包括离心泵叶轮、压出室、吸入室、空间导叶的水力设计原理和方法、主要零部件的强度计算等。第三章介绍了作用在叶轮上的径向力、轴向力及其平衡原理及方法等。第四章介绍了离心泵常见轴封形式及其选用原则，主要包括填料密封、机械密封、副叶轮密封、浮动环密封等。第五章介绍了离心泵的选型方法、步骤及离心泵的运行特性，主要包括离心泵选型条件、离心泵系列和材料的选择、离心泵工况点的确定、离心泵型号的选择、原动机功率的确定、离心泵安装和故障诊断及其排除等。第六章介绍了离心泵的常用试验装置及主要性能参数的测试方法，包括运转试验、性能试验和汽蚀试验，

以及出厂试验方法和步骤等；并且，介绍了离心泵的几种试验装置，介绍了离心泵扬程的测量及计算方法，以及流量、轴功率和转速的测量方法，最后介绍了汽蚀的测量。第七章介绍了离心泵常用技术资料，包括常用零件公差配合及粗糙度、过流部件铸造尺寸公差、离心泵铸件允许铸造缺陷、电动机额定功率下的有关参数，最后介绍了常用数据和单位换算以及常用金属材料。第八章、第九章介绍了常见离心泵的型号及其主要性能参数，包括各种泵的用途、主要零部件常用材料以及各系列泵的主要性能参数。为方便各地在使用离心泵时考虑到当地大气压力的影响，在附录中列出了全国主要城市的海拔高度和大气压力。

本手册第八章、第九章介绍的各种类型的离心泵，有些品种由于生产厂家是两家或者多家，其主要零部件常用材料、常见型号及其主要性能参数可能有所不同，这里只以某一生产厂家的生产情况为基础进行介绍，敬请广大读者谅解。

本手册的出版，为学习、查阅离心泵的基本工作和结构原理、设计基础、选型与使用及离心泵的试验等知识提供了方便。本手册由金瑞贞、许锡夺、李增民编写，参加编写、审阅、校对和出版的人员还有刘小明、邢杰、李志勇、冯丽、李立新、谭建波等。尽管编者力求使本书简洁而全面，实用性强，但由于编者水平有限且时间仓促，疏漏和不足之处在所难免，敬请广大读者批评指正。

编 者

2005 年 1 月

目 录

第一章 离心泵基础理论

一、离心泵的工作原理与分类	(1)
二、离心泵的主要性能参数	(4)
三、液体在离心泵叶轮里的流动	(6)
四、离心泵的相似理论	(11)
五、离心泵的汽蚀和计算	(17)

第二章 离心泵的水力设计

一、离心泵叶轮的水力设计	(21)
二、离心泵压出室的水力设计	(27)
三、离心泵吸入室的水力设计	(32)
四、离心泵空间导叶的设计	(35)
五、离心泵主要零部件的强度计算	(37)

第三章 离心泵的轴向力和径向力及其平衡

一、作用在叶轮上的径向力及其平衡	(45)
二、作用在叶轮上的轴向力及其平衡	(46)

第四章 离心泵的轴封装置

一、填料密封	(54)
二、机械密封	(60)
三、副叶轮密封	(85)

四、浮动环密封	(87)
---------------	--------

第五章 离心泵的选型与运行特性

一、离心泵的选型	(90)
二、离心泵的运行特性	(100)
三、离心泵的安装及故障	(112)

第六章 离心泵的试验

一、离心泵试验概述	(129)
二、离心泵试验装置	(130)
三、离心泵扬程的测量及计算	(135)
四、离心泵流量、轴功率和转速的测量	(143)
五、离心泵汽蚀的测量	(146)

第七章 常用技术资料

一、清水离心泵常用零件公差配合及粗糙度的选用	(149)
二、离心泵常用过流部件铸造尺寸公差	(153)
三、离心泵铸件允许铸造缺陷	(158)
四、电动机额定功率下的有关参数	(161)
五、常用数据和单位换算	(165)
六、常用金属材料	(170)

第八章 常见清水离心泵型号及其主要性能参数

一、IS 型单级单吸清水离心泵	(262)
二、S 型单级双吸离心泵	(269)
三、D 型多级离心泵	(284)
四、QJ 型井用潜水泵	(298)
五、66 系列潜水泵	(311)
六、61、67、68 系列潜水泵	(320)
七、SH 型单级双吸离心泵	(327)

八、IR 型热水离心泵	(336)
九、DG 型锅炉给水泵	(345)

第九章 常用工业用离心泵型号及其主要技术参数

一、IH 型化工泵	(362)
二、ZGB(P) 型渣浆泵	(374)
三、KWP 型无堵塞离心泵	(381)
四、WQ 型立式潜水污水泵	(383)
五、AH(R)、HH、H、M 型渣浆泵	(388)
六、Y 型油泵	(391)
附录	(400)

第一章 离心泵基础理论

一、离心泵的工作原理与分类

1. 离心泵的工作原理

离心泵主要由叶轮、轴、泵壳、轴封及密封环等组成。一般离心泵启动前泵壳内要灌满液体，当原动机带动泵轴和叶轮旋转时，液体一方面随叶轮做圆周运动，一方面在离心力的作用下自叶轮中心向外周抛出，液体从叶轮获得了压力能和速度能，当液体流经蜗壳到排液口时，部分速度能将转变为静压力能。当液体自叶轮抛出时，叶轮中心部分造成低压区，与吸入液面的压力形成压力差，于是液体不断地被吸入，并以一定的压力排出。离心泵工作原理简图见图1-1。

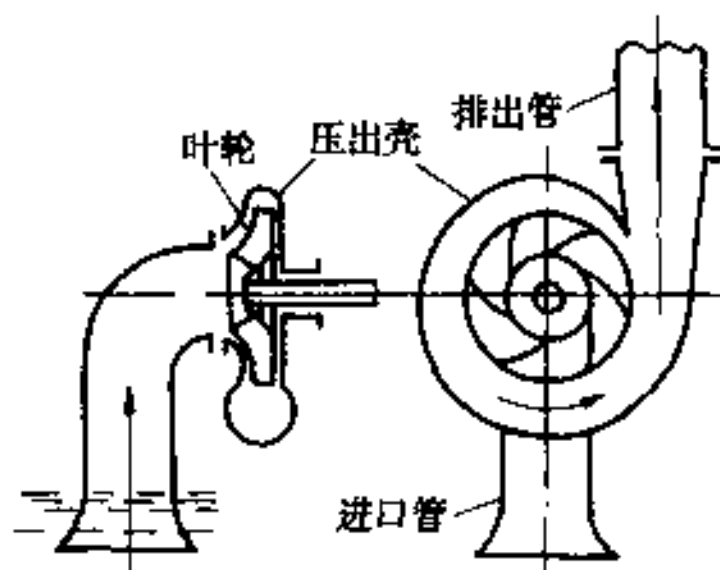


图1-1 离心泵工作原理

2. 离心泵的分类

(1) 按离心泵结构分类 (见表1-1)。

表 1-1 离心泵的结构类型

分类方式	类 型	特 点
按吸入方式	单吸泵	液体从一侧流入叶轮, 存在轴向力
	双吸泵	液体从两侧流入叶轮, 不存在轴向力, 泵的流量几乎比单吸泵增加一倍
按级数	单级泵	泵轴上只有一个叶轮
	多级泵	同一根泵轴上装两个或多个叶轮, 液体依次流过每级叶轮, 级数越多, 扬程越高
按泵轴方位	卧式泵	轴水平放置
	立式泵	轴垂直于水平面
按壳体型式	分段式泵	壳体按与轴垂直的平面剖分, 节段与节段之间用长螺栓连接
	中开式泵	壳体在通过轴心线的平面上剖分
	蜗壳泵	装有螺旋形压水室的离心泵, 如常用的单吸式悬臂离心泵
	透平式泵	装有导叶式压水室的离心泵
特殊结构	潜水泵	泵和电动机连成一体潜入水中
	液下泵	泵体浸入液体中, 动力部分 (如电动机) 则在液体上面
	管道泵	泵作为管道一部分, 安装时无需改变管路
	屏蔽泵	叶轮与电动机转子连为一体, 并在同一个密封壳体内, 不需采用密封结构, 属于无泄漏泵
	磁力泵	除进、出口外, 泵体全封闭, 泵与电动机的连接采用磁钢互吸而驱动
	自吸式泵	泵起动无需灌液
	立式筒式泵	进出口接管在上部同一高度上, 有内、外两层壳体, 内壳体由转子、导叶等组成, 外壳体为进口导流通道, 液体从下部吸入

(2) 按离心泵的工作介质分类 (见表 1-2)。

表 1-2 按工作介质分类的离心泵类型

类 型		特 点 与 要 求
清 水 泵	普通清水泵	泵输送的介质一般为常温清水, 泵用材料一般为普通铸铁, 如 IS 泵、潜水泵、深井泵等
	锅炉给水泵	1. 因这类泵多用于锅炉给排水系统而得名, 常用于输送不含固体颗粒、温度 $\leq 170^{\circ}\text{C}$ 的清水或类似于水的介质 2. 泵的压力较高, 要求保证法兰连接的紧密性 3. 应防止泵进口处产生汽蚀, 过流部件应采用抗腐蚀性和抗电化学腐蚀的材料 4. 防止温度变化引起不均匀变形
	热水循环泵	1. 常用于输送不含固体颗粒、温度 $\leq 250^{\circ}\text{C}$ 的热水或类似于水的介质 2. 吸入压力大, 温度高, 要求泵的强度可靠 3. 填料函处于高压、高温下, 应考虑减压和降温 4. 如采用单吸式悬臂泵时, 由于轴向推力大, 要求轴承可靠
	凝结水泵	1. 用于输送电厂冷凝水及类似于冷凝水的其他介质的离心泵 2. 对泵的汽蚀性能要求高, 常采用加诱导轮或加大叶轮入口直径和宽度的方法改善泵的汽蚀性 3. 泵运转易发生汽蚀, 过流部件有时采用耐汽蚀的材料 (如硬质合金、磷青铜等), 填料函处于负压下工作, 应防止空气侵入
杂质泵	污水泵	输送含有非磨蚀性物料介质的泵, 为防止堵塞, 采用较宽的过流通道, 叶轮的叶片数比较少
	渣浆泵	输送含有固体颗粒的浆液、料浆、渣浆等介质的泵, 过流通道比较宽, 为防止磨蚀, 过流部件一般采用高抗磨蚀材料

续表

类 型	特 点 与 要 求
油 泵	油泵 1. 用于输送不含固体颗粒的石油产品的系列离心泵，一般介质温度为 $-45 \sim 400^{\circ}\text{C}$ 2. 油品往往易燃易爆，要求泵密封性能好，常采用机械密封，采用隔爆电动机 3. 泵的材质和结构上应考虑耐腐蚀 4. 为保证泵的连续可靠运转，应采用专门的冷却、密封、冲洗和润滑等措施 5. 当粘度 $> 20\text{mm}^2/\text{s}$ 时，应考虑粘度对泵性能的影响 6. 当介质温度较高时，过流部件采用耐高温材料，并考虑各零部件的热膨胀，必要时采取保温措施；要求第一级叶轮的吸入性能好；轴承和轴封处要冷却；开泵前应预热（常利用热油循环升温来加热泵，一般泵体温度不应低于入口温度 40°C）
	油浆泵 1. 用于输送含有固体颗粒的石油产品的系列离心泵，一般介质温度为 $-45 \sim 400^{\circ}\text{C}$。由于介质中含有固体颗粒，过流部件应采用耐磨蚀的材料和结构 2. 为防止固体颗粒进入轴封，含颗粒较少时，可采用注入比密封腔压力高的清洁液冲洗轴封；含颗粒较多时一般采用副叶轮（或背叶片）加填料密封的轴封结构
耐 蚀 泵	化工泵 用于输送酸、碱及其他腐蚀性化学药品，过流部件应采用耐磨蚀的材料

二、离心泵的主要性能参数

1. 扬程

扬程是泵所抽送的单位质量液体从泵进口处（泵进口法兰）到泵出口处（泵出口法兰）能量的增值。即排出液体的液柱高度。其

单位为 m, 用 H 表示。

根据定义, 泵的扬程可以写为:

$$H = E_d - E_s \quad (1-1)$$

式中: E_d , 在泵出口处单位质量液体的能量 (m); E_s , 在泵进口处单位质量液体的能量 (m)。

扬程的常用计算公式:

$$H = \frac{P_d - P_s}{\rho g} + \frac{V_d^2 - V_s^2}{2g} + (Z_d - Z_s) \quad (1-2)$$

式中: P_d 、 P_s , 泵出口、进口处液体的静压力, 单位为 N/m^2 ; V_d 、 V_s , 泵出口、进口处液体的速度, 单位为 m/s ; Z_d 、 Z_s , 泵出口、进口到任选的测量基准面的距离, 单位为 m; ρ , 介质密度, kg/m^3 , 常温清水 $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$; g , 重力加速度, $g = 9.81 \text{ m/s}^2$ 。

2. 流量

流量是泵在单位时间内输送出去的液体量 (体积或质量)。体积流量用 Q 表示, 单位为 m^3/s 、 m^3/h 、 l/s 等。质量流量用 Q_m 表示, 单位为 t/h 、 kg/s 等。质量和体积流量的关系为:

$$Q_m = \rho Q \quad (1-3)$$

3. 转速

离心泵的转速是指泵轴每分钟的转数, 用 n 表示, 单位为 r/min 。

4. 功率和效率

(1) 有效功率 P_u 。泵的有效功率是指单位时间内从泵中输送出的液体在泵中获得的有效能量, 也称输出功率, 单位是 kW。

$$P_u = \frac{\rho g Q H}{1000} \quad (1-4)$$

式中: Q , 泵的流量 (m^3/s); H , 泵的扬程 (m)。

(2) 轴功率 P_a 。泵的轴功率是指单位时间内由原动机传到泵轴上的功, 也称输入功率, 单位是 W 或 kW。

(3) 效率 η 。泵的效率 η 是泵的有效功率与轴功率之比, 即:

$$\eta = \frac{P_u}{P_a} \quad (1-5)$$

通常，泵在把机械能转化为液体能量过程中，伴有机械损失、容积损失和水力损失，这些损失一般用相应的机械效率、容积效率和水力效率来表示。

①机械损失 (P_m) 包括轴承损失功率 (P_{m1})、密封损失功率 (P_{m2}) 和圆盘摩擦损失功率 (P_{m3})，其大小用机械效率 (η_m) 来表示，计算公式如下：

$$\eta_m = \frac{P_u - P_m}{P_u} \quad (1-6)$$

②容积损失包括叶轮密封环处的泄漏损失、级间泄漏损失和轴向力平衡机构处的泄漏损失。上述三种泄漏损失之和为泵的容积损失，容积损失的大小用容积效率 (η_v) 来表示，计算公式如下：

$$\eta_v = \frac{Q}{Q_t} \quad (1-7)$$

式中： Q_t ，泵的理论流量 ($Q_t = Q + q$)； q ，泄漏量（单位与流量相同）。

③水力损失就是单位质量液体在泵过流部分流动中损失的能量。水力损失的大小用泵的水力效率 (η_h) 来表示，计算公式如下：

$$\eta_h = \frac{H}{H_t} \quad (1-8)$$

式中： H_t ，泵的理论扬程 ($H_t = H + h$)； h ，泵的水力损失（单位与扬程相同）。

泵内各种损失总和用总效率（简称泵效率）来表示。总效率等于机械效率、容效率和水利效率之积，即：

$$\eta = \eta_m \eta_v \eta_h \quad (1-9)$$

三、液体在离心泵叶轮里的流动

1. 叶轮几何形状及其表示方法

叶轮有三种形式：闭式叶轮、半开式叶轮和开式叶轮（图 1-2）。

叶片有两种形式：圆柱形叶片和扭曲叶片（图 1-2）。

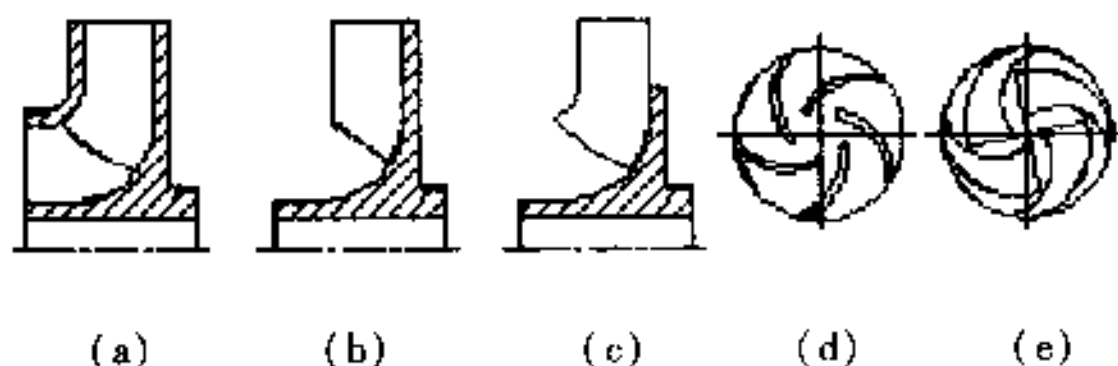


图 1-2 叶轮形式

(a) 闭式叶轮 (b) 半开式叶轮 (c) 开式叶轮
(d) 圆柱形叶片 (e) 扭曲叶片

为了完整而清楚地表示叶轮的几何形状，现引入两个辅助平面（平面和轴面）。平面是垂直轴线的平面，轴面是过轴心线的平面，水力机械的过流部分采用相应的平面和轴面投影来表示。

平面投影和一般机械制图的侧视图相同。在平面投影图上，反映径向和圆周方位的形状。叶轮的平面投影可以从叶轮前面或后面去投视。如图 1-3 (b) 所示。

轴面投影也就是圆弧投影，它是将要表示的部分，以轴心线上的对应点为圆心，按其所在半径沿圆弧投影在一个轴面上。叶轮的轴面投影就如同用一个轴面去切割叶轮，因盖板是轴对称的，其剖面就是

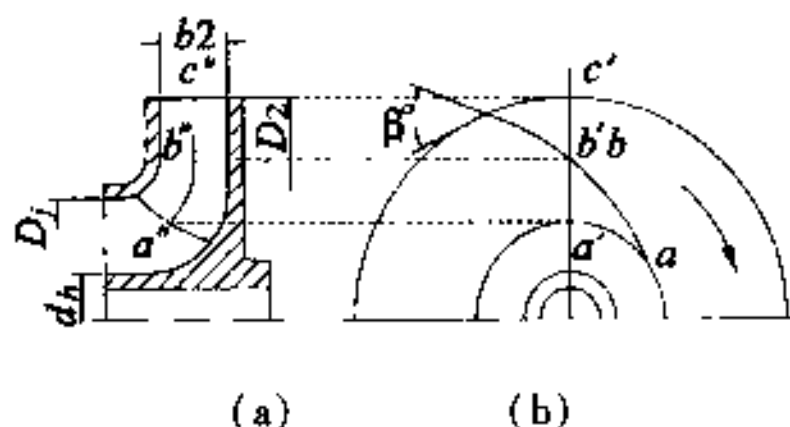


图 1-3 叶轮及其投影图

(a) 叶轮轴面投影 (b) 平面投影

其相应的轴面投影。但叶片的投影不用相应的剖面形式来表示，而是按圆弧投影方法将叶片的所有部分投影在轴面上。如图 1-3 (a) 所示。

表示叶轮的主要参数及其符号如下： D_2 ，叶轮外径 (m)； D_1 ，叶轮进口直径 (m)； d_h ，叶轮轮毂直径 (m)； b_2 ，叶片出口宽度 (m)； b_1 ，叶片进口宽度 (m)； t ，叶片节距 (m)； Z ，叶片数； φ ，叶片包角 ($^\circ$)； β ，叶片安放角 ($^\circ$)。

2. 速度三角形

离心泵工作时，液体一方面随着叶轮一起旋转，同时又从转动着的叶轮里向外流。液体随着叶轮的旋转运动称为圆周运动，其速度称为圆周速度，用 u 表示。液体从旋转着的叶轮里向外的流动称为相对运动，其速度称为相对速度，用 w 表示。液体相对于泵体的运动称为绝对运动，其速度称为绝对速度，用 v 表示。绝对速度 v 向量等于圆周速度 u 和相对速度 w 的向量和，即 $\vec{v} = \vec{u} + \vec{w}$ 。

液体圆周速度的方向与叶轮圆周切线方向一致，如图 1-4 (a)；液体相对速度的方向与叶片相切，如图 1-4 (b)；液体绝对速度的方向为圆周和相对速度的合成速度的方向，如图 1-5 所示。

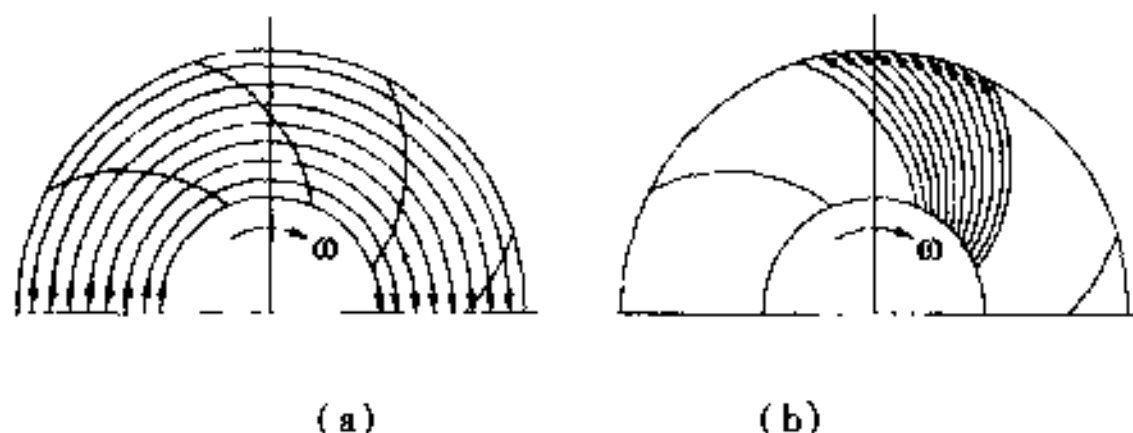


图 1-4 液体的圆周运动和相对运动
(a) 液体的圆周运动 (b) 液体的相对运动

液体在叶轮里的运动情况可以用图解法表示。表示液体在叶轮里