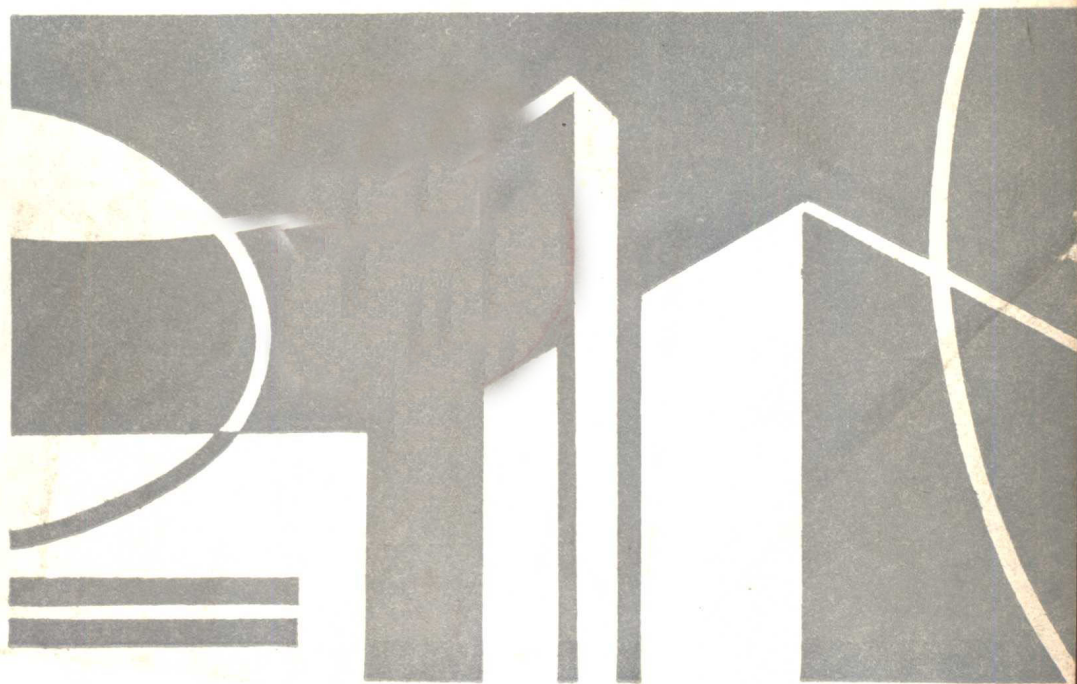


中等专业学校试用教材

水泵和水泵站

(第二版)

田会杰 杨爱华 常 莲 编



中国建筑工业出版社

(京)新登字 035 号

本书为中等专业学校给排水专业教学试用教材,是在1987年版《水泵和水泵站》教材基础上,根据建设部1988年颁发的普通中等专业学校给排水专业“水泵和水泵站”课程大纲的基本要求修订而成。

书中主要讲授常用叶片泵的基本构造、工作原理、基本性能及其选择,泵站类型、设计特点、运行管理和节能途径等。

中等专业学校试用教材
水泵和水泵站
(第二版)

田会杰 杨爱华 常 莲 编

中国建筑工业出版社出版(北京西郊百万庄)

新华书店总店科技发行所发行

北京顺义燕华印刷厂印刷

开本: 787×1092毫米 1/16 印张: 9¹/₄ 字数: 222千字

1994年11月第二版 1994年11月第五次印刷

印数: 29,261—35,360册 定价: 5.40元

ISBN7-112-02341-6/G·209

(7369)

前 言

本书是在中国建筑工程出版社1987年12月初版的《水泵和水泵站》教材的基础上,根据1988年8月建设部颁发的普通中等专业学校给水排水专业“水泵和水泵站”课程教学大纲要求修改而成。经建设部中等专业学校水暖通风与给排水专业教学指导委员会1993年7月评审后推荐,作为新版教材出版。

本书在改写过程中注重从专业教学出发,注意加强基本概念、基本技能等方面的阐述,同时力求紧密联系生产实际,删减了不必要的内容,对于泵站的运行与管理、泵站的节能等内容均有所加强。

全书共分五章,其中第一、二章讲述水泵的类型、构造、工作原理及特性等方面的内容;第三、四章讲述泵站的类型、设备的选择与布置、泵站设计特点等内容;第五章为泵站运行管理与节能技术等基本知识。各章附有思考题和习题,并附有课程设计任务书、指导书和必要水泵资料,供教学参考。

全书按国家现行规范、标准和法定计量单位,并按“GBJ125—89”统一了全书的基本术语。

本书第一、二章由济南城建学校杨爱华编写;第三章由北京城市建设学校常莲编写;第四、五章由北京城市建设学校田会杰编写。全书由田会杰主编,北京市政设计研究院教授级高级工程师毕延龄主审。在编写过程中得到王军、田卫民等同志的协助,特此致谢。

目 录

绪论	1
第一章 叶片式水泵	3
第一节 离心泵的工作原理与构造	3
第二节 轴流泵及混流泵	9
第三节 叶片泵的基本性能参数	12
第四节 叶片泵的基本方程式	13
第五节 叶片泵的性能曲线	15
第六节 水泵叶轮相似定律和比转数	20
第七节 叶片泵装置的总扬程	26
第八节 叶片泵装置工作点的确定	29
第九节 叶片泵装置工作点的调节	32
第十节 叶片泵的并联和串联工作	39
第十一节 水泵的吸水性能	43
第十二节 给水排水工程中常用的叶片泵	46
第十三节 水泵试验	52
思考题	54
习 题	55
第二章 其它水泵	58
第一节 射流泵	58
第二节 气升泵	60
第三节 往复泵	61
第四节 螺旋泵	62
第五节 水环式真空泵	65
思考题	66
第三章 给水泵站	68
第一节 给水泵站的分类	68
第二节 水泵的选择	69
第三节 泵房的布置	71
第四节 吸水管路及出水管路	74
第五节 泵站辅助设备	78
第六节 泵站变电站的布置	82
第七节 泵站水锤及防护措施	85
第八节 水泵机组的安装	88
第九节 给水泵站的构造特点	92
第十节 给水泵站布置示例	95
第十一节 给水泵站工艺设计举例	97

思考题	103
习 题	103
第四章 排水泵站	105
第一节 概述	105
第二节 水泵和集水池容积的确定	107
第三节 机组和管路的布置	109
第四节 泵站中的辅助设备	111
第五节 污水泵站的特点及示例	114
第六节 雨水泵站的特点及示例	115
第七节 螺旋泵站的特点	118
第八节 污水泵站工艺设计示例	118
思考题	123
习 题	123
第五章 泵站的运行管理与节能途径	124
第一节 水泵的运行	124
第二节 水泵的故障与排除	126
第三节 水泵的保养与检修	128
第四节 泵站的管理	129
第五节 泵站节能	131
思考题	136
附录一 给水泵站课程设计任务书示例	137
附录二 给水泵站课程设计指导书示例	137
附录三 Sh型水泵外形图及其尺寸表	138
附录四 Sh型水泵安装尺寸图及安装尺寸表	140
参考文献	141

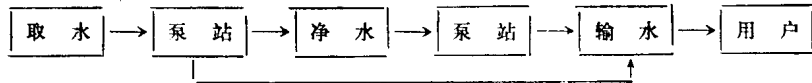
绪 论

一、水泵和水泵站在国民经济中的作用

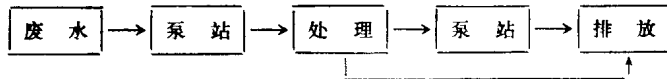
水泵是输送和提升液体的一种水力机械，它将原动机的机械能传递给所输送的液体，使液体的能量增加。

水系列为通用机械之一，在国民经济各个领域中都得到了广泛的应用。例如：城市的给水和排水；农业的灌溉和排涝；采矿业的坑道排水和水力采矿；石油工业的输油和注水；电力工业的高压锅炉给水、循环水、冷凝水、水力清渣；以及化工、冶金、国防等部门都离不开各种类型的水泵。

在给水处理系统中，水泵站是保证系统正常运转的枢纽。从给水系统来看，原水由泵站从水源取水并输送到水厂，净化后的清水再由配水泵站输送到城市管网（当水质符合饮用水卫生标准时，可直接将水送到用户）。其基本流程为：



从排水系统看，城市中排出的废水，经排水管渠系统汇集后，流进集水井，由泵站将废水抽送至处理厂，经处理后的废水再由泵站（或用重力自流）排入水体。其基本流程为：



随着经济建设的发展，城市给水、排水工程兴建和改建规模的日益扩大，各种类型泵站的投资和规模相应加大。统计表明，全国用于泵类的电能消耗几乎占全国电能总消耗的20%，泵站用电占城镇给水用电的90%以上，电能消耗最多，而且节能潜力也较大。因此，提高泵站的设计水平和运行效率具有十分重要的意义。我国在这方面进行了大量的工作，如改进和设计出不少高效节能的新型泵，以逐步取代效率低的旧产品。变速调节等节能技术的广泛应用，为提高水泵的运行效率开辟了广阔的前景。

二、水泵的分类

由于水泵应用很广，系列繁多，对它的分类方法也各不相同。按其工作原理可归纳为以下三大类：

1. 叶片式水泵

它是利用装有叶片的叶轮的旋转运动来输送液体的。根据叶轮出水的水流方向，可将叶片式水泵分为径向流、轴向流和斜向流三种。径向流的叶轮称为离心泵，轴向流的叶轮称为轴流泵，斜向流的叶轮称为混流泵。

2. 容积式水泵

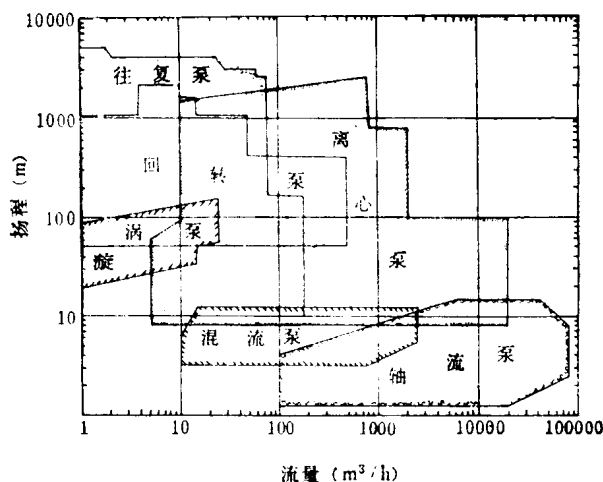
它是利用泵体工作室容积周期性变化来输送液体的。根据工作室容积改变的方式，可将容积式水泵分为往复运动和回转运动两种。属于往复运动的有活塞式往复泵、柱塞式往复泵、隔膜泵等。属于回转运动的有螺杆泵、齿轮泵等。

3. 其它类型泵

所谓其它类型泵，主要是指叶片式水泵和容积式水泵以外的特殊泵。在给水处理工程中常用的有以下几种：

- (1) 射流泵 它是利用高速工作液体（或气体）的能量来输送液体（或气体）的。
- (2) 气升泵 依靠压缩空气和水的混合液与水的重力密度差，将水提升的。
- (3) 螺旋泵 它是利用螺旋推进原理来输送液体的。

以上各类水泵的工作原理不同，使用范围也不相同。下图所示为常用的几种类型泵的总型谱图。从图中可以看出，往复泵和回转泵的使用范围侧重于高扬程、小流量。轴流泵和混流泵的使用范围侧重于低扬程、大流量。离心泵的使用范围最广，扬程在8~2800m，流量在5~2000m³/h范围内。



常用几种水泵的总型谱图

在城市给水排水工程中，应用最广的是叶片泵。因此，本教材将着重介绍有关叶片泵的构造、工作原理、性能、泵型的选择以及使用、维护和节能等方面知识。

第一章 叶片式水泵

叶片式水泵是泵类产品中应用最广泛的类型之一，它有不同的工作原理，不同的型式和结构特征。

叶片式水泵按工作原理可分为离心泵、轴流泵和混流泵。

叶片式水泵按结构型式不同又有如下分类：按主轴方向分有卧式泵、立式泵和斜式泵；按压水室型式分有蜗壳式泵和导叶式泵；按叶轮吸入方式分有单吸泵和双吸泵；按叶轮数目分有单级泵和多级泵；按叶片调节的可能性分有固定式泵、半调节式泵和全调节式泵；按泵壳的接缝分有水平接缝（中开式）和垂直接缝（分段式）。

叶片式水泵按比转数 n_s 的大小及叶轮的型式又可分为低比转数离心泵 $n_s = 30 \sim 80$ ；中比转数离心泵 $n_s = 80 \sim 150$ ；高比转数离心泵 $n_s = 150 \sim 300$ ；混流泵 $n_s = 300 \sim 500$ ；轴流泵 $n_s = 500 \sim 1200$ 。按输送液体的性质分有清水泵和杂质泵。

第一节 离心泵的工作原理与构造

一、离心泵的工作原理

离心泵是利用离心力原理进行工作的。观察一盛有水的容器，在静止状态时，水面呈水平状，如图1-1(a)所示。若驱使该容器以角速度 ω 旋转，由于粘滞性的作用，容器中的水随着容器旋转，并产生惯性离心力。在离心力的影响下，容器中的水面形成了旋转抛物面，如图1-1(b)所示。若加大旋转角速度，那么旋转抛物面中心与边缘的水位差 h 亦随之加大。

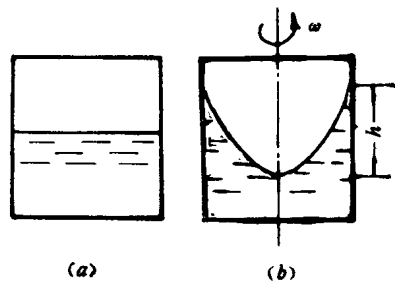


图 1-1 容器中水面的变化
(a)静止状态时的水面；(b)容器旋转时的水面

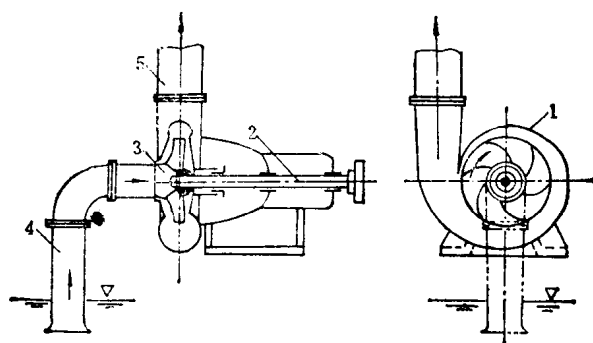


图 1-2 离心泵工作示意图
1—泵壳；2—泵轴；3—叶轮；4—吸水管；5—出水管

离心泵就是基于这一原理来工作的，只是在离心泵中，水的旋转是依靠叶轮的旋转来推动的，而泵壳则是静止不动的。

图1-2为离心泵工作示意图。叶轮3固定在泵轴2上，并装在泵壳1中，泵壳的吸水

口与吸水管 4 相连接，出水口与出水管 5 相连接。离心泵在启动前，必须把泵壳和吸水管都充满水，然后，驱动电机，使泵轴带动叶轮和水作高速旋转运动，水在离心力的作用下被甩出叶轮，经蜗壳形泵壳的流道而流入水泵的出水管路。与此同时，水泵叶轮中心处由于水被甩出而形成真空，吸水池中的水便在大气压力作用下，沿吸水管吸进了叶轮。叶轮不停地旋转，水就不不断地被甩出，又不断地被吸入，这就形成了离心泵连续输水。

二、离心泵的构造

离心泵的品种较多，下面主要介绍在给水排水工程中常用的单级单吸卧式离心泵、单级双吸离心泵和分段式多级离心泵的构造。

1. 单级单吸离心泵

图 1-3 所示为 IS 型单级单吸清水离心泵的结构图。该泵是根据国际标准 ISO2858 所规定的性能和尺寸而设计并制造的，其主要零件有：叶轮、泵壳、泵轴、轴承、密封环、填料函等。分述如下：

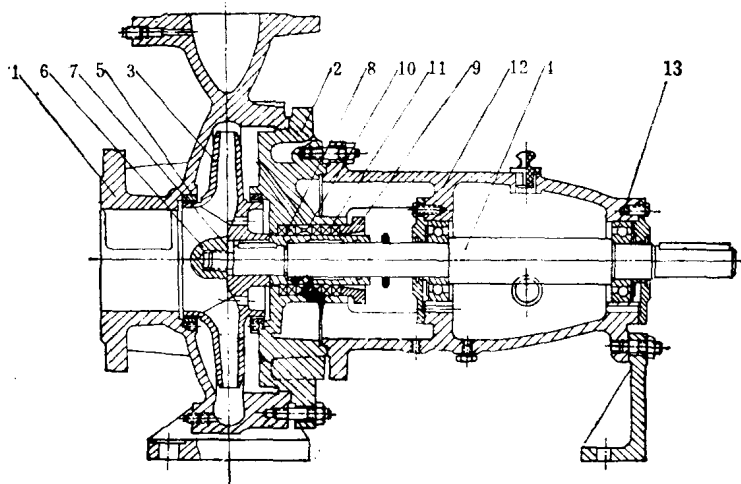


图 1-3 IS 型单级单吸离心泵结构图

1—泵盖；2—泵体；3—叶轮；4—泵轴；5—密封环；6—叶轮螺母；7—外舌止退垫圈；8—轴套；9—填料压盖；10—水封环；11—填料；12—悬架轴承体；13—滚动轴承

(1) 叶轮 叶轮又称工作轮，是泵的核心。水泵依靠旋转的叶轮将原动机的机械能传递给液体。因此，它的几何形状、尺寸、所用材料和加工工艺等对泵的性能有极密切的关系。

叶轮一般可分为单吸式叶轮和双吸式叶轮。如图 1-4 所示，单吸式叶轮由前盖板、后盖板、叶片和轮毂组成。在叶轮吸入口一侧叫前盖板，后侧为后盖板，叶片夹于两盖板之间，叶片和盖板的内壁构成的槽道，称为叶槽。水自叶轮吸入口流入，经叶槽后再从叶轮四周甩出，所以水在叶轮中的流动方向是轴向流入，径向流出。

叶轮按其盖板情况有封闭式叶轮、敞开式叶轮和半开式叶轮三种形式。封闭式叶轮具有前、后盖板，如图 1-5(a) 所示，用于输送清水，一般有 6~8 片叶片。敞开式叶轮只有叶片没有盖板，如图 1-5(b) 所示。半开式叶轮只有后盖板，没有前盖板，如图 1-5(c) 所示。敞开式叶轮和半开式叶轮一般用来输送含杂质的液体，叶片少、流槽宽、不易堵塞，但其能量损失大，水泵效率低。

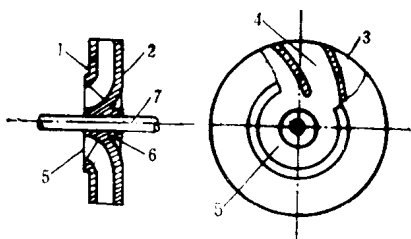


图 1-4 单吸式叶轮

1—前盖板；2—后盖板；3—叶片；4—叶槽；
5—吸入口；6—轮毂；7—泵轴



图 1-5 叶轮形式

(a) 封闭式叶轮；(b) 敞开式叶轮；
(c) 半开式叶轮

叶轮的材料必须具有足够的机械强度和耐磨、耐腐蚀性能。目前，多采用铸铁、铸钢、不锈钢和青铜等制成。叶轮内外加工表面要具有一定的光洁度，铸件不能有砂眼、孔洞，否则会降低水泵效率和叶轮的使用寿命。

(2) 泵壳 泵壳由泵盖和泵体组成，如图1-3中1、2所示。泵体包括泵的吸水口；蜗壳形流道和泵的出水口。泵的吸水口连一段渐缩的锥形管，它的作用是把水以最小的损失均匀地引向叶轮。在吸水口法兰上制有安装真空表的螺孔。蜗壳形流道断面沿着流出方向不断增大，它除了汇流作用外，还可使其中的水流速度基本不变，以减少由于流速变化而产生的能量损失。泵的出水口连一段扩散的锥形管，水流随着断面的增大，速度逐渐减小，压力逐渐增加，将部分动能转化为压能。在泵体出水法兰上，制有安装压力表的螺孔。另外，在泵体顶部设有放气或注水的螺孔，以便在水泵启动前用来抽真空或灌水。在泵体底部设有放水孔，当泵停止使用时，泵内的水由此放空，以防锈蚀和冬季冻裂。泵体和泵盖一般用铸铁制成。

(3) 泵轴 泵轴是用来带动叶轮旋转的，它的材料要求有足够的抗扭强度和刚度，常用碳素钢和不锈钢制成。泵轴一端用键、叶轮螺母和外舌止退垫圈固定叶轮，另一端装联轴器或皮带轮。为了防止填料与泵轴直接摩擦，多数泵轴在穿过填料函的部位装有轴套，轴套磨损后可以更新。

由叶轮和泵轴组成了泵的转动部件，称为转子。

(4) 轴承 轴承用以支承转动部件的重量以及承受泵运行时的轴向力和径向力，并减小轴转动时的摩擦力。常用的轴承有滚动轴承和滑动轴承两种，单级单吸泵采用滚动轴承。如图1-3中13所示，滚动轴承安装在悬架轴承体内。

(5) 密封环 在转动的叶轮吸入口的外缘与固定的泵体内缘之间存在一个间隙，它处于高低压交界面，这一间隙如过大，则泵体内高压水便会经过此间隙漏回到叶轮的吸入口，从而减少水泵的实际出水量，降低水泵的效率；这一间隙如过小，叶轮转动时就会和泵体发生摩擦，引起机械磨损。如图1-3中5所示，为了尽可能减小漏水损失，同时又能保护泵体不被磨损，在泵体上或泵体和叶轮上分别装一铸铁密封环，该环磨损后可以更换。图1-6所示为三种不同形式的密封环，一般使用平环式、角接式，当高压泵中单级扬程较大时，为了减少泄漏可采用双环迷宫式。密封环应采用耐磨材料，通常由青铜或碳钢制成。

(6) 填料函 在泵轴穿出泵盖处，在转动的轴与固定的泵壳之间也存在着间隙，为了防止高压水通过该处的间隙向外大量流出和空气进入泵内，必须设置轴封装置，填料函

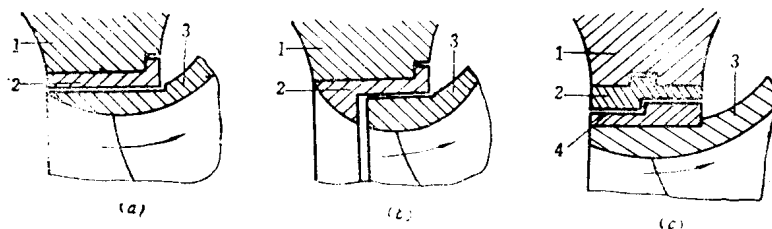


图 1-6 密封环

(a) 平环式；(b) 角接式；(c) 双环式

1—泵体；2—镶在泵体上的密封环；3—叶轮；4—镶在叶轮上的密封环

就是常用的一种轴封装置。图1-7所示为常见的压盖填料型填料函，它由底衬环、填料、水封管、水封环、填料压盖等组成。

填料又称盘根，常用的是浸油、浸石墨的石棉绳填料，外表涂黑铅粉，断面一般为方形。它的作用是填充间隙进行密封，通常用4~6圈。填料的中部装有水封环，如图1-8所示，它是一个中间凹，外周凸起的圆环，该环放置位置对准水封管，环上开有若干小孔。当水泵运转时，泵内的高压水通过水封管进入水封环渗入填料进行水封，同时还起冷却、润滑的作用。底衬环和压盖通常用铸铁制作，套在泵轴上填料的两端，起阻挡和压紧填料的作用。填料压紧的程度，用压盖上的螺丝来调节，如压得太紧，虽然能减少泄漏，但填料与泵轴摩擦损失增加，消耗功率也大，甚至可能造成抱轴现象，产生严重的发热和磨损；压得过松，达不到密封效果。一般比较合适的压紧程度是使水能呈滴状连续漏出为宜。

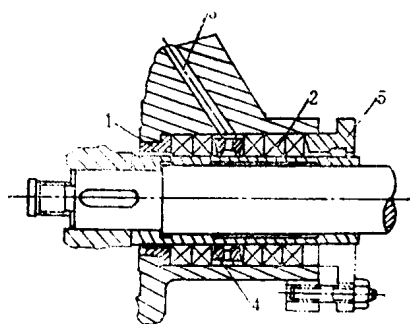


图 1-7 压盖填料型填料函

1—底衬环；2—填料；3—水封管；
4—水封环；5—填料压盖

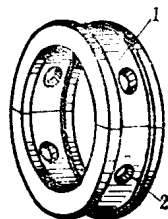


图 1-8 水封环

1—环圈空间；2—小孔

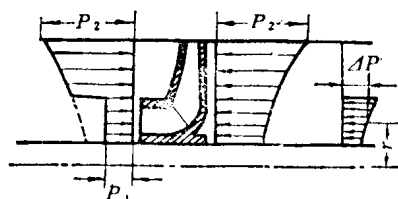


图 1-9 单吸叶轮的轴向力

填料密封结构简单，工作可靠，但填料使用寿命不长。当被密封的介质为高温、高压而且泵轴转数又高时，不宜采用填料式密封函，而应采用机械式密封、浮动环密封等轴封装置。

(7) 轴向力平衡装置 单吸式离心泵在运行时，由于叶轮形状不对称，作用在叶轮两侧的压力不相等，如图1-9所示，在叶轮上产生了一个指向吸入侧的轴向力 ΔP 。此力会使叶轮和轴发生窜动，叶轮与密封环发生摩擦，造成零件损坏。因此，必须设法平衡或消除轴向力。

单级单吸离心泵可采用平衡孔平衡轴向力。如图1-10所示，在叶轮后盖板靠近轴孔处的四周钻几个平衡孔，并在相应位置的泵盖上加装密封环，此环的直径可与叶轮入口处密封环的直径相等。压力水经过泵盖上密封环的间隙，再经平衡孔，流向叶轮吸入口，使叶

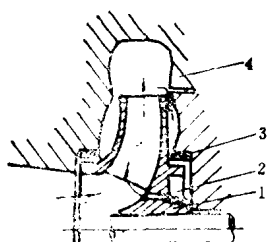


图 1-10 用平衡孔平衡轴向力
1—叶轮；2—平衡孔；3—密封环；
4—泵盖

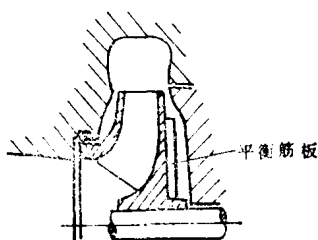


图 1-11 用平衡筋板平
衡轴向力

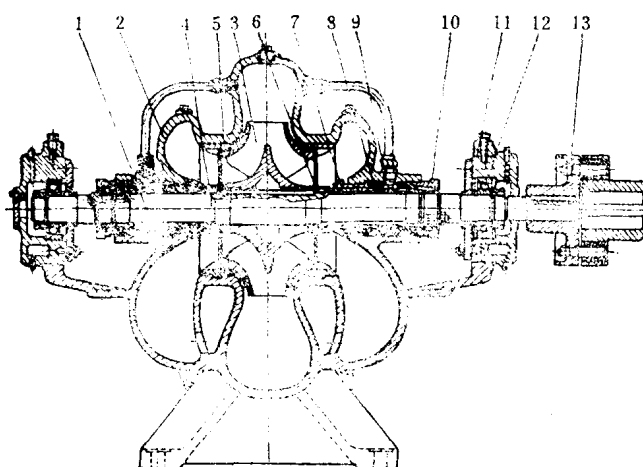


图 1-12 Sh型单级双吸离心泵构造图

1—泵体；2—泵盖；3—叶轮；4—泵轴；5—密封环；6—轴套；7—
填料套；8—填料；9—水封环；10—填料压盖；11—轴承体；12—滚
动轴承；13—联轴器

轮两侧的压力大致平衡。这种方法结构简单，但是，开了平衡孔后，有回流损失，使水泵的效率有所降低。

单级单吸离心亦可采用具有平衡筋板的叶轮来平衡轴向力。如图1-11所示，在叶轮后盖板上加4~6条径向的平衡筋板，当叶轮旋转时，筋板强迫叶轮后面的液流加快转动，从而使叶轮背面靠近泵轴附近的区域压力显著下降，达到减小或平衡轴向力的目的。另外，平衡筋板还能减小轴端密封处的液体压力，并可防止杂质进入轴端密封，所以，平衡筋板常被用在输送杂质的泵上。

单级单吸离心泵的特点是结构简单、维修方便、体积小、重量轻、成本低。

2. 单级双吸离心泵

图1-12所示为Sh型单级双吸离心泵的构造图。其主要零件与单级单吸离心泵基本相似，有叶轮、泵壳、泵轴、轴承、密封环及填料函等组成。

叶轮的形状是对称的，如图1-13所示，水从叶轮两侧沿轴向流入，经叶槽后由径向流出，故称双吸泵。

泵壳是由泵体和泵盖构成（图1-12中1和2），用铸铁或球墨铸铁制成。如图1-14所示为泵壳外形示意图，泵的吸水口和出水口均在泵体上，与泵轴垂直，呈水平方向。水从泵的吸水口流入后，沿半螺旋形流道由两侧流入叶轮，从叶轮甩出后，经蜗壳形流道由出水口流出。另外，泵盖顶部设有安装抽气管的螺孔，泵体下部设有放水用的螺孔。因为泵盖和泵体的接缝是水平中开的，所以，又称为水平中开式泵。

泵轴两端是由装在轴承体内的轴承支承，泵壳内缘与叶轮吸入口外缘的配合处，装有密封环，泵轴穿出泵壳处设有填料函。

单级双吸离心泵的特点是性能范围宽，安装检修方便，由于叶轮对称布置，基本上不产生轴向推力。运转比较平稳。

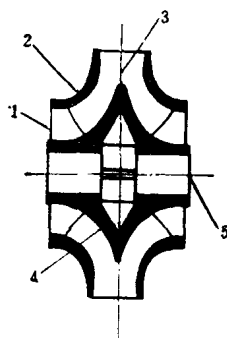


图 1-13 双吸式叶轮

1—吸入口；2—轮盖；3—叶片；4—轮毂；5—轴孔

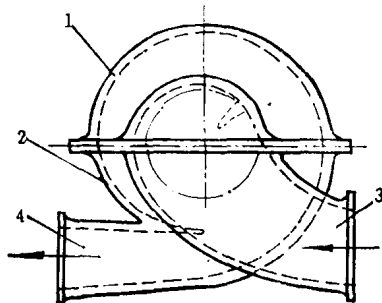


图 1-14 泵壳外形示意图

1—泵盖；2—泵体；3—吸入口；4—出水口

三、分段式多级离心泵

分段式（节段式）多级离心泵的构造如图1-15所示，轴上的叶轮数目代表水泵的级数。这种泵的泵体是分段式的，由一个进水段（进水部分）、一个出水段（出水部分）和数个中段（叶轮部分）所组成，各段用长螺杆连接成为一整体。泵的吸水口位于进水段上成水平方向，出水口在出水段上成垂直方向。水从一个叶轮流入另一个叶轮，中间经过导流器。导流器的构造如图1-16（a）所示，它是一个铸有导叶的圆环，安装时用螺母固定在泵壳上。通常把这种带导流器的多级泵称为导叶式（透平式）离心泵。图1-16（b）表示泵壳中水流运动的情况。

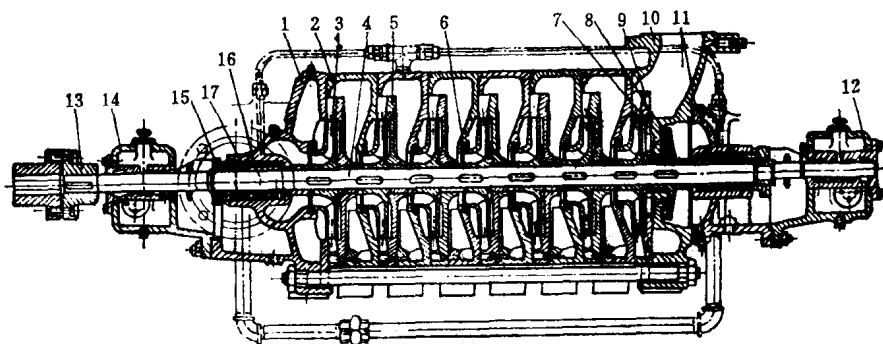


图 1-15 分段式多级离心泵构造图

1—进水段；2—中段；3—叶轮；4—泵轴；5—导叶；6—密封环；7—平衡盘；8—平衡环；9—出水段导叶；10—出水段；11—尾盖；12—轴承乙部件；13—弹性联轴器；14—轴承甲部件；15—填料压盖；16—水封环；17—填料

由于各级叶轮均为单侧进水，且吸入口朝向一边，其轴向推力将随叶轮个数的增加而增大。为平衡其轴向力，在末级叶轮后面装设平衡盘，如图1-17所示。平衡盘用键固定在轴上，随轴一起旋转。泵运行时，末端叶轮排出的压力水经径向间隙和轴向间隙进入平衡室，最后经连通管流回第一级叶轮的吸入口。由于连通管与水泵叶轮吸入口相通，因而，平衡盘后面的水流压力和水泵吸入口压力比较接近，平衡盘上便产生了一个方向与轴向推力 ΔP 相反的平衡力 $\Delta P'$ 。在水泵运行中，由于水泵的出水压力是变化的，因此，轴向推力 ΔP 也是变化的。当 $\Delta P > \Delta P'$ 时，叶轮就会向左移动，轴向间隙减小，但因径向间隙是始终不变的，这样，水流流过径向间隙的速度减小，从而提高了平衡盘前后的压力，

使平衡力 $\Delta P'$ 增加。叶轮不断向左移动，平衡力就不断增加，直至和轴向推力平衡时，叶轮就不再向左移动。反之，当 $\Delta P < \Delta P'$ 时，叶轮向右移动，轴向间隙增大，平衡力 $\Delta P'$ 减小，直至和轴向推力平衡时，叶轮不再向右移动。由此可见，平衡盘装置可自动地平衡轴向力。故在多级泵中，大都采用这种平衡方法。

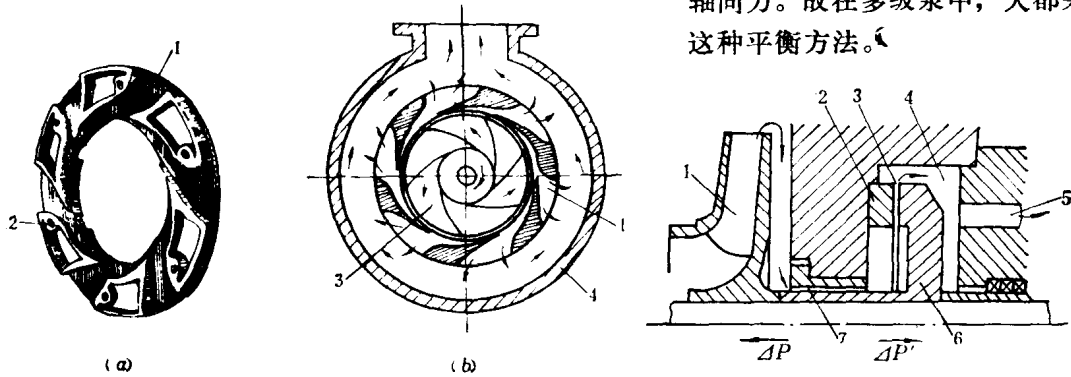


图 1-16 导叶式离心泵

(a) 导流器；(b) 水流运动情况

1—流槽；2—固定螺栓孔；3—水泵叶轮；4—泵壳

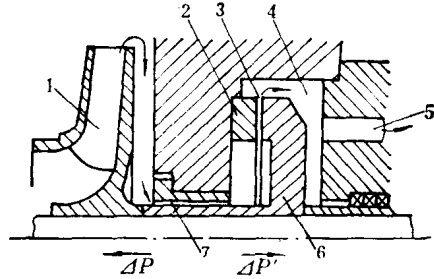


图 1-17 分段式多级泵的平衡盘装置

1—末级叶轮；2—平衡板；3—轴向间隙；4—平衡室；5—连通管；6—平衡盘；

7—径向间隙

多级泵解决轴向推力尚有其它类型结构，如可采用叶轮对称排列布置、平衡鼓装置等方法来平衡轴向推力。

多级离心泵的特点一般流量小，扬程高，而且可以采用摘掉叶轮的方法减小水泵扬程。但它的构造较复杂，不便于拆装，水泵效率偏低。

第二节 轴流泵及混流泵

轴流泵及混流泵都是叶片式水泵中比转数较高的泵。它们的特点都是属于大、中流量，中、低扬程。在给水排水工程中，它们亦是应用较广的水泵。

一、轴流泵

1. 轴流泵的工作原理

轴流泵是按空气动力学中机翼的升力原理进行工作的，其叶片与机翼具有相似形状的截面称为翼型。如图1-18所示，在翼型的首端A点处，流体对机翼产生了沿翼型上、下表面的绕流，然后，同时在翼型的尾端B点处汇合。由于沿翼型下表面（即轴流泵叶片背面）的路程比上表面（即轴流泵叶片工作面）的路程长，因此，流体沿翼型下表面的流速比上表面的流速大，相应地翼型下表面的压力将小于上表面，流体对翼型将有一个由上向下的作用力 P 。同样，翼型对于流体也将产生一个反作用力 P' （即升力），此力的大小与 P 相等，方向由下向上，作用在流体上。

图1-19为立式轴流泵工作示意图。具有翼型断面的叶片，在水中作高速旋转时，水流相对于叶片就产生了急速的绕流，如上所述，叶片对水将施加力 P' ，在此力作用下，水沿泵轴方向，由进口流向出口。

2. 轴流泵的构造

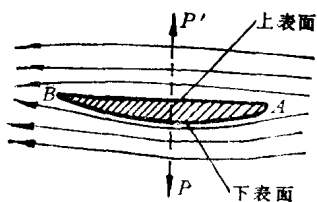


图 1-18 翼型绕流

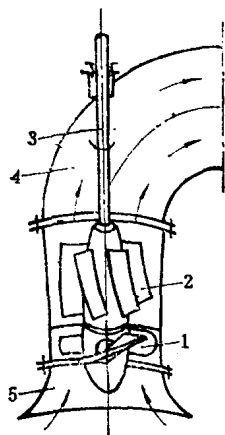


图 1-19 立式轴流泵工作示意图
1—叶轮；2—导叶；3—泵轴；4—出水弯管；
5—喇叭管

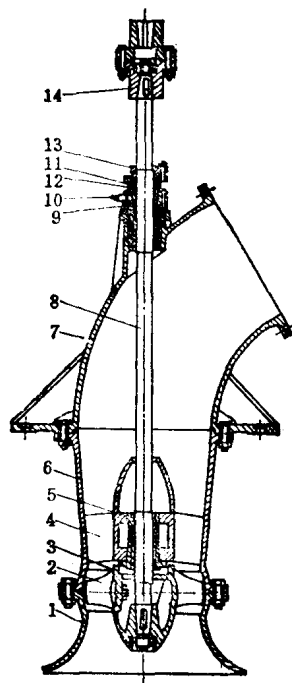


图 1-20 立式轴流泵
1—喇叭管；2—叶片；3—轮毂；4—导叶；5—
下导轴承；6—导叶管；7—出水弯管；8—泵轴；
9—上导轴承；10—引水管；11—填料；12—填
料函；13—压盖；14—联轴器

轴流泵按泵轴的安装方式分有立式、卧式和斜式三种。目前使用较多的是立式轴流泵，图1-20所示为立式轴流泵的构造图。其主要零件有：喇叭管、叶轮、导叶、出水弯管、泵轴、轴承、填料函等。分述如下：

(1) 喇叭管 喇叭管为中小型立式轴流泵的吸水室，用铸铁制造，它的作用是把水以最小的损失均匀地引向叶轮。喇叭管的进口部分呈圆弧形，进口直径约为叶轮直径的1.5倍左右。在大型轴流泵中，吸水室通常做成流道形式。

(2) 叶轮 叶轮是轴流泵的主要工作部件，由叶片、轮毂、导水锥等组成，一般用优质铸铁制成，大型泵多用铸钢制成。

轴流泵的叶片一般为2~6片，呈扭曲形装在轮毂上。根据叶片调节的可能性分为固定式、半调节式和全调节式三种。固定式的叶片和轮毂铸成一体，叶片的安装角度是不能调节的。半调节式的叶片用螺母栓紧在轮毂上，如图1-21所示，在叶片的根部上刻有基准线，而在轮毂上刻有几个相应安装角度的位置线，如+4°、+2°、0°、-2°、-4°等。叶片不同的安装角度，其性能曲线将不同，使用时可根据需要调节叶片安装角度。调节时先卸下喇叭管，再把叶轮卸下来，将螺母松开转动叶片，使叶片的基准线对准轮毂上的某一要求的角度线，然后再把螺母拧紧，装好叶轮即可。半调节式叶

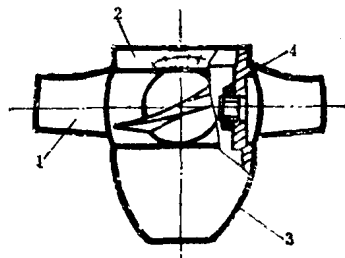


图 1-21 半调节叶片的叶轮
1—叶片；2—轮毂；3—导水锥；4—调节
螺母

轮叶片一般需要停机并拆卸叶轮之后,才能进行调节,适用于中小型轴流泵。全调节式的叶片是通过机械或液压的一套调节机构来改变叶片的安装角。它可以在不停机或只停机而不拆卸叶轮的情况下,改变叶片的安装角度。这种调节方式结构复杂,一般应用于大型轴流泵。

(3) 导叶 导叶位于叶轮上方的导叶管中,并固定在导叶管上。它的主要作用是消除水流的旋转运动,减少水头损失。同时可将水流的部分动能转变为压能。一般轴流泵中装有6~12片导叶。

(4) 轴和轴承 泵轴采用优质碳素钢制成,中小型轴流泵泵轴是实心的。对于大型轴流泵,为了布置叶片调节机构,泵轴做成空心的。

轴流泵的轴承按其功能有两种类型,一种是导轴承,另一种是推力轴承。导轴承主要用来承受转动部件的径向力,防止摆动,起径向定位作用。常用的结构有水润滑橡胶导轴承及油润滑轴承,图1-20中9和5分别为上、下橡胶导轴承。推力轴承主要作用在立式轴流泵中,用来承受水流作用在叶片上的方向向下的轴向推力,水泵转动部件重量以及维持转动部件的轴向位置,并将这些推力传到机组的基础上去。

(5) 填料函 在泵轴穿出出水弯管的地方,装有填料密封装置。其构造与离心泵的填料函相似。

轴流泵的特点是流量大、扬程低;结构简单、重量轻;立式轴流泵叶轮安装于水下,启动时无需引水,操作方便;叶片可以调节,当工作条件变化时,只需改变叶片安装角度,仍可保持在高效率区运行。

二、混流泵

混流泵是介于离心泵与轴流泵之间的一种泵,它是靠叶轮旋转而使水产生的离心力和叶片对水产生的推力双重作用工作的。

混流泵按构造型式分为蜗壳式和导叶式两种。一般中小型泵多为蜗壳式,大型泵为导叶式或蜗壳式。

图1-22所示为卧式蜗壳形混流泵,其构造近似单级单吸卧式离心泵,其叶轮形状有所不同,如图1-23所示。

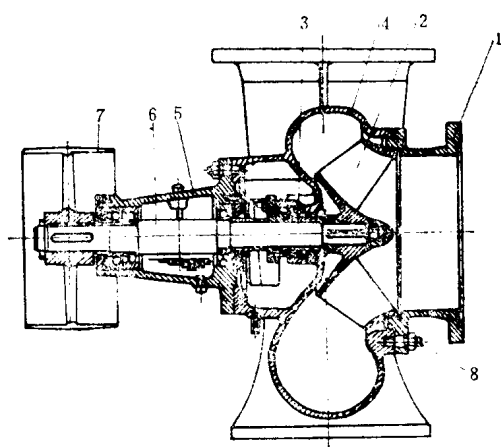


图 1-22 卧式蜗壳式混流泵构造图

1—泵盖; 2—叶轮; 3—填料; 4—泵体; 5—轴承体;
6—泵轴; 7—皮带轮; 8—双头螺栓

混流泵的特点介于离心泵与轴流泵之间,泵的高效区范围比轴流泵宽广,汽蚀性能也较好,使用维修较为方便。

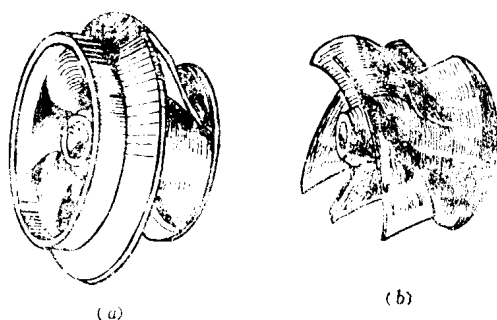


图 1-23 叶片形状

第三节 叶片泵的基本性能参数

在了解泵的构造和分类后,为了能够合理地选择和正确地使用水泵,尚需掌握泵的性能,而水泵的性能是用性能参数表示的。叶片泵的性能参数有流量、扬程、功率、效率、转速、允许吸上真空高度或允许汽蚀余量等,下面分别加以介绍。

一、流量

流量俗称出水量。它表示水泵在单位时间内所输送液体的体积或质量。用字母 Q 表示,常用的体积流量单位是 L/s 、 m^3/s 或 m^3/h ,常用的质量流量单位是 kg/s 或 T/h 。

二、扬程

扬程通常指总扬程,又叫总水头。它表示每 kg 液体通过水泵后其能量的增加值。用字母 H 表示,单位是米水柱(简称 m)、 Pa 、 kPa 或 MPa 。它们之间的换算关系为:

$$1mH_2O = 9800Pa = 9.8kPa = 0.0098MPa$$

三、功率

功率包括轴功率和有效功率。

轴功率:系指水泵轴上的功率。它表示原动机输送给水泵轴上的功率。用符号 N 表示,常用单位为 kW 。

有效功率:指水泵的输出功率。它表示单位时间内流过水泵的液体从水泵那里得到的能量。用符号 N_e 表示,可根据水泵的流量和扬程进行计算,即:

$$N_e = \frac{\gamma Q H}{1000} \quad (1-1)$$

式中 N_e ——水泵的有效功率(kW);

Q ——水泵的流量(m^3/s);

H ——水泵的扬程(m);

γ ——被抽升液体的重度(N/m^3)。

水泵在运行过程中,存在各种能量损失,轴功率不可能完全传给液体,所以,有效功率始终小于轴功率,即 $N_e < N$ 。

四、效率

效率指水泵的有效功率和轴功率之比值。它反映了泵内功率损失的大小,是一项技术经济指标。用字母 η 表示,其表达式为:

$$\eta = \frac{N_e}{N} \times 100\% \quad (1-2)$$

由此可求得水泵的轴功率:

$$N = \frac{N_e}{\eta} = \frac{\gamma Q H}{1000\eta} \quad (1-3)$$

式中 N ——水泵的轴功率(kW)。

五、转速

转速系指泵轴每分钟的转数。用字母 n 表示,单位为 r/min 。

各种水泵都是按一定的转速来进行设计的,即称泵的额定转速。当使用时水泵的实际转速不同于设计转速值时,则水泵的其它性能参数(如 Q 、 H 、 N 等)也将按一定的规律