

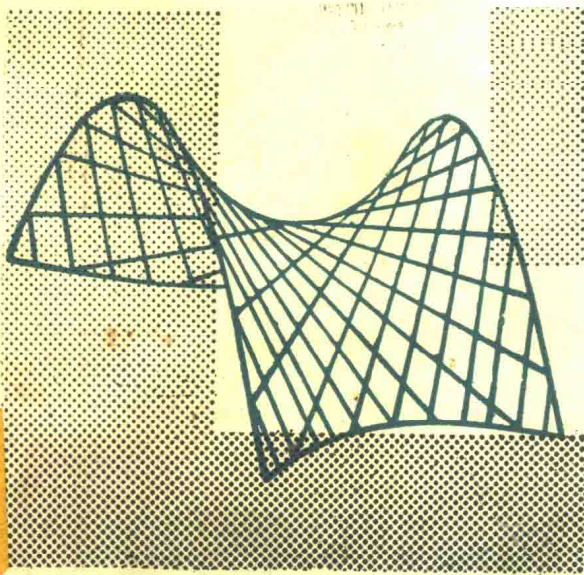
高等学校试用教材

水泵 及水泵站

(新一版)

姜乃昌 主编

● 中国建筑工业出版社



高等学校试用教材

水泵及水泵站

(新一版)

姜乃昌 主编

中国建筑工业出版社

(京)新登字 035号

本书主要内容为给水排水工程专业中常用离心泵(轴流泵)的基本构造、工作原理、主要性能、运行工况、泵站机组选择、管道布置、辅助设施、安全设施、变配电设施、泵站工艺设计以及对土建、机电专业要求等。

本书是根据1990年8月建设部全国高等学校给水排水工程学科专业指导委员会在长沙召开的工作会议上按四年制教学计划中“水泵及水泵站”课程的基本要求而修订的新一版专业教科书。

高等学校试用教材

水泵及水泵站

(新一版)

姜乃昌 主编

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

北京市顺义县板桥印刷厂印刷

开本:787×1092毫米1/16 印张:13²/₄ 字数:332千字

1993年6月新一版 1993年6月第一次印刷

印数:1—15,600册 定价:3.60元

ISBN 7-112-01826-9/TU·1396

(6851)

前 言

《水泵及水泵站》(新一版)教材,已是第三次的修订版了。十余年来, IAC技术(即仪表化、自动化、控制化技术)在给水处理工程领域中已得到了普遍的关注。众多水厂的引进装置中,见长见优的往往也只在这些方面。目前市场上多种优质变频调速装置商品化的出现,使梦寐以求的泵站输配水系统的等压供水、调压供水以及优化调度供水方案得以实现有望,这实在是给水排水工程中的一大进步。

他山之石,可以攻玉。泵站的调速运行确是一种节能、合理的运行方式。但是,硬件具备了,软件怎么办?典型工程中实现了,大面积推广怎么办?编者在推敲对新一版教材内容的取舍时,时刻想到这些。

调速运行的基本概念、电算方法以及软件编制等内容,在这次修订再版中已得到及时反映。新一版教材比较第二版教材的内容应更具先进实用型、更具给水排水的专业型。

为此,修订的着力点放在下述4个方面:

一、教材中全部采用法定单位制。对于水泵型号表示以新型号和图式,取代已淘汰的旧型号和图式。

二、对离心泵装置的调速运行工况单独列出一节,重点介绍数解法求工况点、确定调速值等内容。以取水、送水泵站为对象,向读者推荐基本公式、逻辑框图、电算程序以及算例的上机结果。作为教材,各校可以结合各类简单工程算例,要求学生自编软件,触类旁通以提高电算能力。此外,在新一版的书稿中,仍添入了有关调速运行求解工况的图解法内容,因为它具有物理概念清晰、比较直观,对初学者容易入门等优点。

三、在给水泵站一章中,重点推荐了几种比较常用的新型流量计,删除了诸如孔板式等在泵站的计量中已很少采用的计量方式。对于泵站的变电系统、水厂中常用的变电接线方式以及泵站的配电设备等内容,在这次修订再版中均有所加强。此外,对于泵站水锤、泵站机组布置等方面的内容,在这次修订再版中也均有更新和调整。

四、在排水泵站一章中,删除了很少用的螺旋泵站的内容。

本书参加编写的有陈锦章教授、韩德宏工程师。在编写有关电动机调速方式的内容方面,得到了曾允文教授的帮助,特此致谢。

编 者

目 录

第一章 绪论	1
第一节 水泵及水泵站在给水排水事业中的作用和地位	1
第二节 水泵定义及分类	2
第二章 叶片式水泵	4
第一节 离心泵的工作原理与基本构造	4
第二节 离心泵的主要零件	5
第三节 叶片泵的基本性能参数	9
第四节 离心泵的基本方程式	11
第五节 离心泵装置的总扬程	16
第六节 离心泵的特性曲线	22
第七节 离心泵装置定速运行工况	28
第八节 离心泵装置调速运行工况	35
第九节 离心泵装置换轮运行工况	45
第十节 离心泵并联及串联运行工况	53
第十一节 离心泵吸水性能	84
第十二节 离心泵机组的使用及维护	91
第十三节 轴流泵及混流泵	93
第十四节 给水排水工程中常用的叶片泵	97
第三章 其它水泵	104
第一节 射流泵	104
第二节 气升泵	108
第三节 往复泵	114
第四章 给水泵站	118
第一节 泵站分类与特点	118
第二节 水泵选择	121
第三节 泵站变配电设施	123
第四节 水泵机组的布置与基础	135
第五节 吸水管路与压水管路	138
第六节 泵站水锤及其防护	144
第七节 泵站噪音及其消除	157
第八节 泵站中的辅助设施	161
第九节 给水泵站的土建要求	172
第十节 深井泵站	177
第十一节 给水泵站的工艺设计	179
第五章 排水泵站	191
第一节 概述	191
第二节 污水泵站的工艺特点	193
第三节 雨水泵站的工艺特点	202

第一章 绪 论

第一节 水泵及水泵站在给水排水事业中的作用和地位

在工程术语中，水泵站是大家所熟悉的名词。这多半是由于水泵是属于通用性的机械类而广泛地应用于国民经济的各个部门。随着现代工业的蓬勃发展，采矿、冶金、电力、石油、化工、市政以及农林等部门中，各种形式的泵站很多，其规模和投资越来越大，功能分类愈分愈细。

以采矿工业而言，矿山中竖井的井底排水，大水矿床的地表疏干以及掘进斜井的初期排水等技术设施，都需要建造一系列相应的泵站来满足整个采矿工程的需要。在电力部门中，无论是火力或原子能发电系统中，从高压锅炉给水泵站起，一直到冷热水的循环泵站、水力清渣除灰的高压泵站以及冷却水的补给泵站等都是必不可少的。它们在整个系统中，常常是规模大，投资大，地位重要的工程项目。

在市政建设中，水泵站也是城市给水和排水工程中必要的组成部分。它们通常是整个给水排水系统正常运转的枢纽。图 1-1 所示为城市给水排水系统工艺基本流程。由图可知，城市中水的循环都是借一系列不同功能的水泵站的正常运行来完成的。原水由取水泵站从水源地抽送至水厂，净化后的清水由送水泵站输送到城市管网中去，其流程如图 1-1 中实线所示。

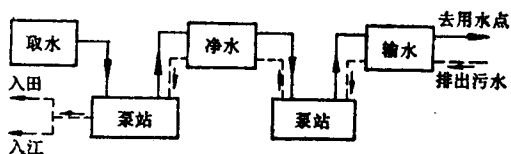


图 1-1 城市给水排水系统工艺基本流程

在我国许多大型的城市给水工程中，“引滦入津”工程是一项较大规模的跨流域引水工程。该工程全长234km，全年引水量达10亿余 m^3 ，全部工程中修建了4座大型泵站，分别采用了多台叶片可调型的大型轴流泵和高压离心泵进行抽升工作。此外，对于城市中排泄的生活污水和工业废水，经排水管渠系统汇集后，也必须由排水泵站将污水抽送至污水处理厂，经过处理后的污水再由另一个排水泵站（或用重力自流）排放入江河湖海中去，或者排入农田作为灌溉之用，其流程如图 1-1 中虚线所示。实际上，在排水管渠系统中使用泵站的场合是相当多的。除抽送污水和工业废水的泵站外，还有专门抽送雨水的泵站。有用来抽送整个城市排水的总泵站，也有仅用来抽送地势低洼区排水的区域性泵站。在污水处理厂内，往往从沉淀池把新鲜污泥抽送到污泥消化池、从沉砂池中排除沉渣、从二次沉淀池中提送回流活性污泥等等都要用各种不同类型的泵和泵站来保证运行的。

除此以外，在农田灌溉、防洪排涝等方面，水泵站经常是作为一个独立的构筑物而服务于各项事业的。特别是随着社会主义农业的现代化，在农田基本建设中、在抽升黄河水引向西北高原的大型灌溉工程中均需建造很多大型、巨大型的泵站。在这方面有大流量、

低扬程的轴流泵站；也有大流量、高扬程的离心泵站。目前，在我国西北地区抽升黄河水进行高原灌溉的工程中，已建成的大型泵站的单泵扬程一般均在70~150m以上，工程规模是十分壮观的。

从经济的角度来看，各种类型的水泵站运行中所消耗的动力费用，在整个给水排水系统的经常维护费用中占有相当大的比重。以一般城镇水厂而言，泵站所消耗的电费，通常占自来水制水成本的40~70%，有的甚至更多。就全国水泵机组的电能消耗而言，它占全国电能总耗的21%以上。近年来国内越来越多的水厂配备了调速电机，以扩大水泵机组的高效工作范围，节约能耗。上海市吴淞水厂，自1981年将一台550kW电机采用可控硅串级调速运行以来，一直运行良好，每年节约约90万度；北京市水源九厂一期工程中二台取水泵和二台配水泵均采用了德国引进的变频式电机调速装置，这是国内水厂首先采用变频调速的机组，每年的节电效果是十分可观的。除此以外，泵站中还有多种形式的节电措施，例如采用微阻缓闭止回阀，液压自控蝶阀，取消止回阀等等方式均能达到良好的节电效果。

第二节 水泵定义及分类

水泵是输送和提升液体的机器。它把原动机的机械能转化为被输送液体的能量，使液体获得动能或势能。由于水泵在国民经济各部门中应用很广，品种系列繁多，对它的分类方法也各不相同。按其作用原理可分为以下三类：

(1) 叶片式水泵：它对液体的压送是靠装有叶片的叶轮高速旋转而完成的。属于这一类的有离心泵、轴流泵、混流泵等。

(2) 容积式水泵：它对液体的压送是靠泵体工作室容积的改变来完成的。一般使工作室容积改变的方式有往复运动和旋转运动两种。属于往复运动这一类的如活塞式往复泵、柱塞式往复泵等。属于旋转运动这一类的如转子泵等。

(3) 其它类型水泵：这类泵是指除叶片式水泵和容积式水泵以外的特殊泵。属于这一类的主要有螺旋泵、射流泵（又称水射器）、水锤泵、水轮泵以及气升泵（又称空气扬水机）等。其中除螺旋泵是利用螺旋推进原理来提高液体的位能以外，上述各种水泵的特点都是利用高速液流或气流的动能来输送液体的。在给水处理工程中，结合具体条件应用这类特殊水泵来输送水或药剂（混凝剂、消毒药剂等）时，常常能起到良好效果。

上述各种类型水泵的使用范围是很不相同的。图1-2所示为常用的几种类型泵的总型谱图。由图可见，目前定型生产的各类叶片式水泵的使用范围是相当广泛的，而其中离心泵、轴流泵、混流泵和往复泵等的使用范围各具有不同的性能。往复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。而离心泵的使用范围则介乎两者之间，工作区间最广，产品的品种、系列和规格也最多。

以城市给水工程来说，一般水厂的扬程在20~100m之间，单泵流量的使用范围一般在50~10000m³/h之间。要满足这样的工作区间，由总型谱图可以看出，使用离心泵装置是十分合适的。即使某些大型水厂，也可以在泵站中采取多台离心泵并联工作方式来满足供水量的要求。从排水工程来看，城市污水、雨水泵站的特点是大流量、低扬程。扬程一般在2~12m之间，流量可以超过10000m³/h，这样的工作范围，一般采用轴流泵比较合适。

综上所述，可以认为：在城镇及工业企业的给水排水工程中，大量的、普遍使用的水

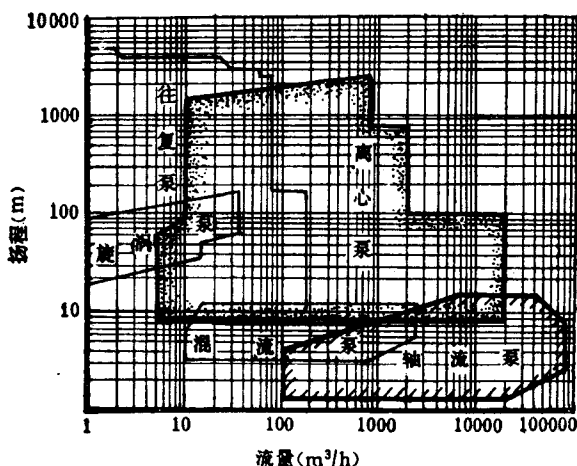


图 1-2 常用几种水泵的总型谱图

泵是离心式和轴流式两种。

目前，水泵发展的总趋向可归结为：

(1) 大型化、大容量化。如果说，在40年前，对于5万kW的发电机组被看做是一个重大的技术成就的话，那么，在今天这一动力不过是只能用来驱动一台130万kW大型汽轮发电机组的给水泵而已。近几年来，国际上大型水泵发展很快，巨型轴流泵的叶轮直径已达7m，潜水泵直径已达1m，用于城市及工业企业给水工程中的双吸离心泵的功率已达5500kW。

(2) 高扬程化、高速化。目前，锅炉给水泵的单级扬程已打破了1000m的记录。要进一步实现高扬程化，势必要提高泵的转速。今后随着水泵气蚀、材料强度等问题的不断改善，泵的转速有可能进一步向高速化的方向发展，在水泵行业中，这种高速化的发展趋势是具有世界性的。

(3) 系列化、通用化、标准化。产品的系列化、通用化、标准化（简称为“三化”）是现代工业生产工艺的必然要求。1975年国际标准化协会制订了额定压力为 7.2kg/cm^2 的单级离心泵的主要尺寸及其规格参数（ISO2858-1975E）。此标准泵的性能范围为：流量 $6.3\sim 400\text{m}^3/\text{h}$ ，扬程 $25\sim 125\text{m}$ 。目前，在欧洲凡满足此规格的水泵已作为标准泵出售。我国自1958年以来，在统一型号、系列分类、定型尺寸等方面也做了不少工作，水泵的托架、悬架、轴承架等等主要零部件均已有了系列标准，产品的“三化”程度在不断提高。

今后，随着原子能和燃化工业等科学技术的发展，将进一步要求水泵业发展高速、高温、高压、高效率以及大容量等方面的各种特殊产品。同时，也要求不断提高现有常规产品的质量水平。所有这些，都将意味着必需在基础理论、计算技术、模型试验、测量手段以及材料选择、加工工艺等一系列环节上的革新，未来是现今的延伸和继续，此任务是十分光荣而艰巨的。

第二章 叶片式水泵

叶片式水泵在水泵中是一个大类，其特点都是依靠叶轮的高速旋转以完成其能量的转换。由于叶轮中叶片形状的不同，旋转时水流通过叶轮受到的质量力就不同，水流流出叶轮时的方向也就不同。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3种。径向流的叶轮称为离心泵，液体质点在叶轮中流动时主要受到的是离心力作用。轴向流的叶轮称为轴流泵，液体质点在叶轮中流动时主要受到的是轴向升力的作用。斜向流的叶轮称为混流泵，它是上述两种叶轮的过渡形式，这种水泵液体质点在叶轮中流动时，既受离心力的作用，又有轴向升力的作用。

在城镇及工业企业的给水排水工程中，大量使用的水泵是叶片式水泵。其中以离心泵为普遍。本章将以离心泵为重点，进行详细讨论。

第一节 离心泵的工作原理与基本构造

在水力学中我们知道，当一个敞口圆筒绕中心轴作等角速旋转时，圆筒内的水面便呈抛物线上升的旋转凹面，如图2-1所示。圆筒半径越大，转得越快时，液体沿圆筒壁上升的高度就越大。离心泵就是基于这一原理来工作的

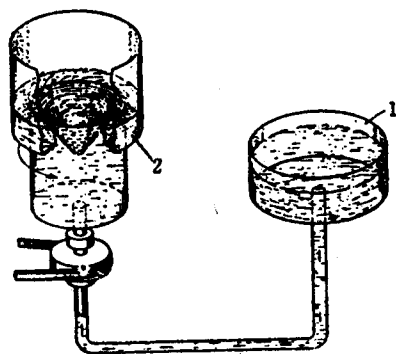


图 2-1 旋转圆筒中水流运动

(如图2-1所示)，所不同的是离心泵的叶轮、泵壳都是经过专门的水力计算和设计来完成的。

图2-2所示为给水排水工程中常用的单级单吸式离心泵的基本构造。水泵包括蜗壳形的泵壳1，和装于泵轴2上旋转的叶轮3。蜗壳形泵壳的吸水口与水泵的吸水管4相连接，出水口与水泵的压水管5相连接。水泵的叶轮一般是由两个圆形盖板所组成，盖板之间有若干片弯曲的叶片，叶片之间的槽道为过水的叶槽，如图2-3所示。叶轮的前盖板上有一个圆孔，这就是叶轮的进水口，它装在泵壳的吸水口内，与水泵

吸水管路相连通。离心泵在启动之前，应先用水灌满泵壳和吸水管，然后，驱动电机，使叶轮和水作高速旋转运动，此时，水受到离心力作用被甩出叶轮，经蜗形泵壳中的流道而流入水泵的压力管道，由压力管道而输入管网中去。在这同时，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，沿吸水管而源源不断地流入叶轮吸水口，又受到高速转动叶轮的作用，被甩出叶轮而输入压力管道。这样，就形成了离心泵的连接输水。

由上所述可知，离心泵的工作过程，实际上是一个能量的传递和转化的过程，它把电动机高速旋转的机械能转化为被抽升水的动能和势能。在这个传递和转化过程中，就伴随

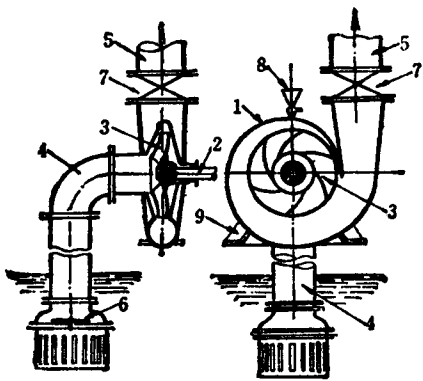


图 2-2 单级单吸式离心泵的构造

1—泵壳；2—泵轴；3—叶轮；4—吸水管；5—压水管；6—底阀；7—闸阀；8—灌水漏斗；9—泵座

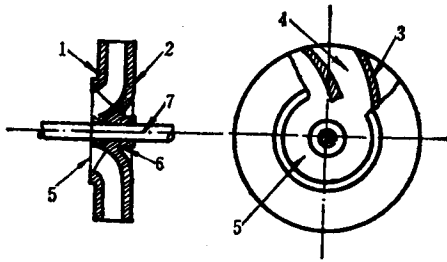


图 2-3 单吸式叶轮

1—前盖板；2—后盖板；3—叶片；4—叶槽；5—吸水口；6—轮毂；7—泵轴

着有许多能量损失，这种能量损失越大，该离心泵的性能就越差，工作效率就越低。

第二节 离心泵的主要零件

离心泵是由许多零件组成的。下面以给水排水工程中常用的单级单吸卧式离心泵（如图2-4所示）为例，来讨论各零件的作用、材料和组成。

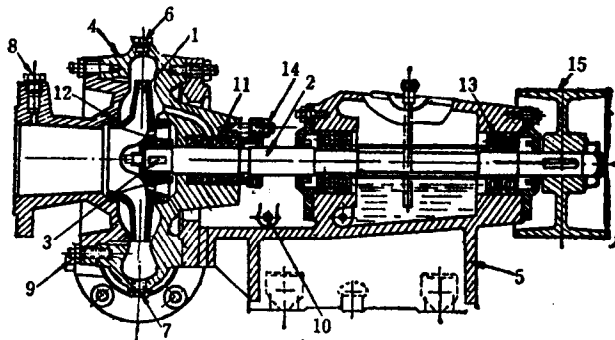


图 2-4 单级单吸卧式离心泵

1—叶轮；2—泵轴；3—键；4—泵壳；5—泵座；6—灌水孔；7—放水孔；8—接真空表孔；9—接压力表孔；10—泄水孔；11—填料盒；12—减漏环；13—轴承座；14—压盖调节螺栓；15—传动轮

一、叶轮（又称工作轮）

叶轮是离心泵的主要零件，见图2-4中1。叶轮的形状和尺寸是通过水力计算来决定的。选择叶轮材料时，除了要考虑离心力作用下的机械强度以外，还要考虑材料的耐磨和耐腐蚀性能。目前多数叶轮采用铸铁、铸钢和青铜制成。

叶轮一般可分为单吸式叶轮与双吸式叶轮两种。单吸式叶轮已如图2-3所示，它是单边吸水，叶轮的前盖板与后盖板呈不对称状。双吸式叶轮如图2-5所示两边吸水，叶轮盖

板呈对称状，一般大流量离心泵多数采用双吸式叶轮。

叶轮按其盖板情况又可分为封闭式叶轮、敞开式叶轮和半开式叶轮 3 种形式，如图 2-6 所示。凡具有两个盖板的叶轮，称为封闭式叶轮，如图 2-6(a)。这种叶轮应用最广，前述的单吸式、双吸式叶轮均属这种形式。只有叶片没有完整盖板的叶轮称为敞开式叶轮，如图 2-6(b) 所示。只有后盖板，没有前盖板的叶轮，称为半开式叶轮，如图 2-6(c) 所示。一般在抽升含有悬浮物的污水泵中，为了避免堵塞，有时采用开式或半开式叶轮。这种叶轮的特点是叶片少，一般仅 2~5 片。而封闭式叶轮一般有 6~8 片，多的可至 12 片。

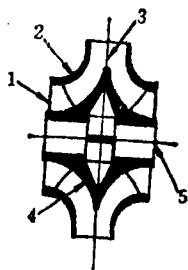


图 2-5 双吸式叶轮

1—吸入口；2—轮盖；3—叶片；
4—轮毂；5—轴孔

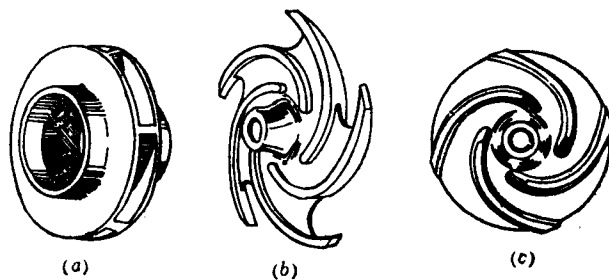


图 2-6 叶轮形式

(a) 为封闭式叶轮；(b) 为敞开式叶轮；
(c) 为半开式叶轮

二、泵轴

泵轴是用来旋转泵叶轮的，如图 2-4 中 2 所示。常用材料是碳素钢和不锈钢。泵轴应有足够的抗扭强度，和足够的刚度，其挠度不超过允许值；工作转速不能接近产生共振现象的临界转速。叶轮和轴用键来联结。键是转动体之间的连接件，如图 2-4 中 3 所示，离心泵中一般采用平键，这种键只能传递扭矩而不能固定叶轮的轴向位置，在大、中型水泵中叶轮的轴向位置通常采用轴套和并紧轴套的螺母来定位的。

三、泵壳

离心泵的泵壳通常铸成蜗壳形。其过水部分要求有良好的水力条件。叶轮工作时，沿蜗壳的渐扩断面上；流量是逐渐增大的，为了减少水力损失，在水泵设计中应使沿蜗壳渐扩断面流动的水流速度是一常数。水由蜗壳排出后，经锥形扩散管而流入压力管。蜗壳上锥形扩散管的作用是降低水流的速度，使流速水头的一部分转化为压力水头。

泵壳的材料选择，除了考虑介质对过流部分的腐蚀和磨损以外，还应使壳体具有作为耐压容器的足够的机械强度。

四、泵座

如图 2-4 中 5 所示，泵座上有与底板或基础固定用的法兰孔。泵壳顶上设有充水和放气的螺孔，以便在水泵起动前用来充水及排走泵壳内的空气。在水泵吸水 and 压水锥管的法兰上，开设有安装真空表和压力表的测压螺孔。在泵壳的底部设有放水螺孔，以便在水泵停车检修时用来放空积水。另外，在泵座的横向槽底开设有泄水螺孔，以便随时排走由填料盒内流出的渗漏水滴。所有这些螺孔，如果在水泵运行中暂时无用时，可以用带螺纹的丝堵（又叫“闷头”）栓紧。

上述的零件中，叶轮和泵轴是离心泵中的转动部件，泵壳和泵座是离心泵中的固定部

件，此两者之间存在着3个交接部分，它们是：泵轴与泵壳之间的轴封装置为填料盒，如图2-4中11所示；叶轮与泵壳内壁接缝处的减漏装置为减漏环，如图2-4中12所示；以及泵轴与泵座之间的转动连接装置为轴承座，如图2-4中13所示。

五、填料盒

泵轴穿出泵壳时，在轴与壳之间存在着间隙。有间隙就会有泄漏。在单吸式离心泵中，此部位如不采取轴封装置，泵壳内高压水就会向外大量泄漏。填料盒就是常用的一种轴封手段。近年来，它的形式很多，图2-7所示为较常见的压盖填料型的填料盒。它是由轴封套1、填料2、水封管3、水封环4及压盖5等5个部件所组成。

填料又名盘根，在轴封装置中起着阻水或阻气的密封作用。常用的填料是浸油、浸石墨的石棉绳填料。近年来，随着工业发展，出现了各种耐高温、耐磨损以及耐强腐蚀的填料，如用碳素纤维、不锈钢纤维及合成树脂纤维编织成的填料等。为了提高密封效果，填料绳一般做成矩形断面。填料是用压盖来压紧的。压盖又叫“格兰”，它对填料的压紧程度可拧松拧紧压盖上的螺栓来进行调节，如图2-4中14所示。压盖压得太松，达不到密封效果，压得太紧，泵轴与填料的机械磨损大，消耗功率也大。如果压得过紧时，甚至可能造成抱轴现象，产生严重的发热和磨损。一般以水封管内水能够通过填料缝隙呈滴状渗出为宜。泵壳内的压力水由水封管经水封环中的小孔，如图2-8所示，流入轴与填料间的隙面，起着引水冷却与润滑的作用。目前，有些离心泵已开始采用机械密封的轴封装置。轴封技术在近代已开始发展成为一门研究的专题。

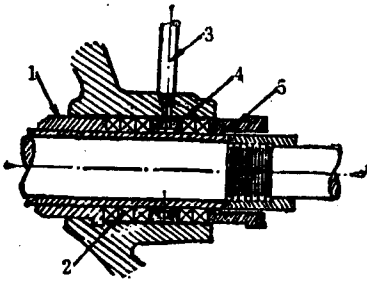


图 2-7 压盖填料型填料盒

1—轴封套；2—填料；3—水封管；4—水封环；5—压盖

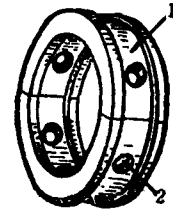


图 2-8 水封环

1—环圈空间；2—水孔

六、减漏环

叶轮吸入口的外圆与泵壳内壁的接缝处存在一个转动接缝，它正是高低压交界面，且具有相对运动的部位，很容易发生泄漏，如图2-4中12所示。为了减少泵壳内高压水向吸水口的回流量，一般在水泵构造上采用两种减漏方式：(1)减小接缝间隙(不超过0.1~0.5mm)；(2)增加泄漏通道中的阻力等。在实际应用中，由于加工、安装以及轴向力等问题，在接缝间隙处很容易发生叶轮与泵壳间的磨损现象。为了延长叶轮和泵壳的使用寿命，通常在泵壳上镶嵌一个金属的口环，此口环的接缝面可以做成多齿型，以增加水流回流时的阻力，提高减漏效果，因此，一般称此口环为减漏环，如图2-9所示，为3种不同形式的减漏环。图2-9(c)为双环迷宫型的减漏环，其水流回流时阻力很大，减漏效果好，但构造复杂。减漏环的另一作用是准备用来承磨的，因为，在实际运行中，在这个部位

上，摩擦常是难免的，水泵中有了减漏环，当间隙磨大后，只须更换口环而不致使叶轮和泵壳报废，因此，减漏环又称承磨环，是一个易损件。

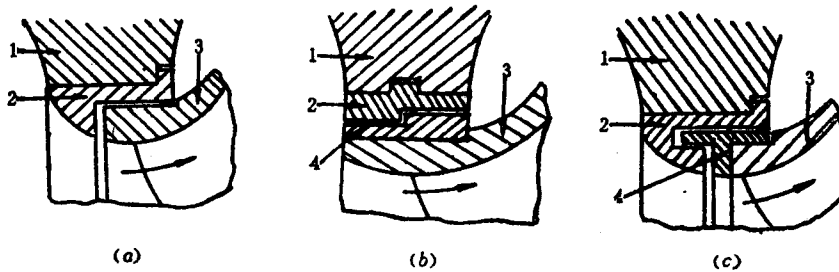


图 2-9 减漏环

(a) 为单环型；(b) 为双环型；(c) 为双环迷宫型
1—泵壳；2—镶在泵壳上的减漏环；3—叶轮；4—镶在叶轮上的减漏环

七、轴承座

轴承座是用来支承轴的。轴承装于轴承座内作为转动体的支持部分。水泵中常用的轴承为滚动轴承和滑动轴承两类。依荷载大小滚动轴承可分为滚珠轴承和滚柱轴承两种，其构造基本相同，一般荷载大的采用滚柱轴承。依荷载特性又可分为只承受径向荷载的叫径向式轴承，只承受轴向荷载的叫止推式轴承，如图2-10所示，以及同时支承径向和轴向荷载的叫径向止推轴承。

图2-11所示为轴承座的构造。它采用双列滚珠轴承。图中6为冷却水套。一般在轴承发热量较大、单用空气冷却不足以将热量散逸时，可采用这种水冷套的形式来冷却，水套上要另外接冷却水管。

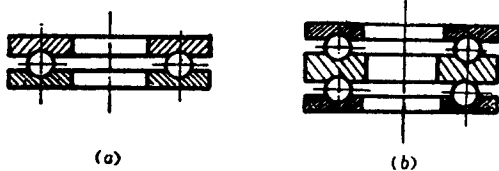


图 2-10 止推轴承

(a) 为单排滚珠止推轴承；(b) 为双排滚珠止推轴承

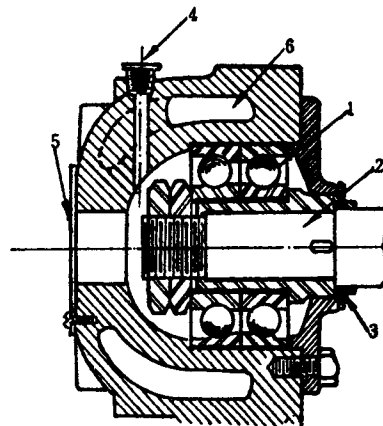


图 2-11 轴承座构造

1—双列滚珠轴承；2—泵轴；3—阻漏油橡皮圈；4—油杯孔；5—封板；6—冷却水套

大、中型水泵(一般泵轴直径大于75mm时)常采用青铜或铸铁(巴氏合金●衬里)制造的金属滑动轴瓦，用油进行润滑。也有采用橡胶、合成树脂、石墨等非金属材料制成的滑动轴承，可使用水润滑和冷却。

● 巴氏合金：系锡(Sn)、铅(Pb)、铟(Sb)、铜(Cu)的合金，统称为巴氏合金。其特点是柔软、耐磨、富有塑性，油附着性好，通常将它贴附在青铜或铸铁的轴瓦上使用。

八、联轴器

电动机的出力是通过联轴器来传递给水泵的。联轴器又称“靠背”轮，有刚性和挠性两种。刚性联轴器，实际上就是用两个圆法兰盘连接，它对于泵轴与电机轴的不同心度，在连接中无调节余地，因此，要求安装精度高。常用于小型水泵机组和立式泵机组的连接。

图2-12所示为常用的圆盘形挠性联轴器。它实际上是钢柱销带有弹性橡胶圈的联轴器，包括有两个圆盘，用平键分别将泵轴和电机轴相连接。一般大、中型卧式泵机组安装中，为了减少传动时因机轴有少量偏心而引起的轴周期性的弯曲应力和振动，常采用这类挠性联轴器。在泵房机组的运行中，应定期检查橡胶圈的完好情况，以免发生由于弹性橡胶圈磨损后未能及时换上，致使钢枢轴与圆盘孔直接发生摩擦，把孔磨成椭圆或失圆等现象。

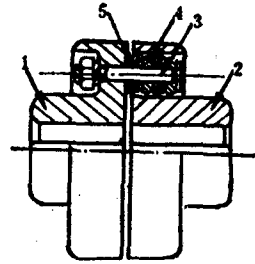


图 2-12 挠性联轴器

1—泵侧联轴器；2—电机侧联轴器；
3—柱销；4—弹性圈；5—挡圈

九、轴向力平衡措施

单吸式离心泵，由于其叶轮缺乏对称性，离心泵工作时，叶轮两侧作用的压力不相等，如图2-13所示。因此，在水泵叶轮上作用有一个推向入口的轴向力 ΔP 。这种轴向力特别是对于多级式的单吸离心泵来讲，数值相当大，必须采用专门的轴向力平衡装置来解决。对于单级单吸式离心泵而言，一般采取在叶轮的后盖板上钻开平衡孔，并在后盖板上加装减漏环，如图2-14所示。此环的直径可与前盖板上的减漏口环直径相等。压力水经此减漏环时压力下降，并经平衡孔流回叶轮中去，使叶轮后盖板上的压力与前盖板相接近，这样就消除了轴向推力。此方法的优点是构造简单，容易实行。缺点是，叶轮流道中的水流受到平衡孔回流水的冲击，使水力条件变差，对水泵的效率有所降低。一般在单级单吸式离心泵中，此方法应用仍是很广的。

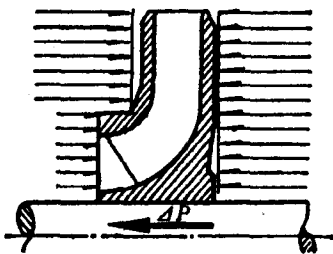


图 2-13 轴向推力

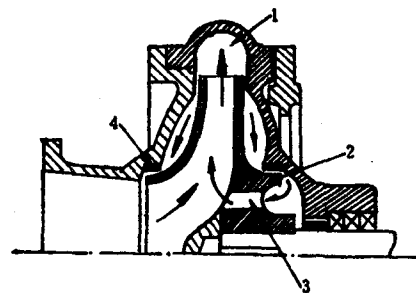


图 2-14 平衡孔

1—排出压力；2—加装的减漏环；
3—平衡孔；4—泵壳上的减漏环

第三节 叶片泵的基本性能参数

水泵的基本性能，通常由 6 个性能参数来表示：

(1) 流量(抽水量)——水泵在单位时间内所输送的液体数量。用字母 Q 表示,常用的体积单位是 m^3/h 或 L/s 。常用的重量单位是 t/h 。

(2) 扬程(总扬程)——水泵对单位重量(一公斤)液体所作之功,也即单位重量液体通过水泵后其能量的增值。用字母 H 表示,其单位为 $kg \cdot m/kg$,也可折算成抽送液体的液柱高度(m)表示;工程中也常用 kg/cm^2 或国际压力单位帕斯卡(Pa)●表示。

扬程是表征液体经过水泵后比能增值的一个参数,如果,水泵抽送的是水,水流进水泵时所具有的比能为 E_1 ,流出水泵时所具有的比能为 E_2 ,则水泵的扬程 $H = E_2 - E_1$ 。那么,水泵的扬程,也就是水比能的增值。

(3) 轴功率——泵轴得自原动机所传递来的功率称为轴功率,以 N 表示。原动机为电力拖动时,轴功率单位以 kW 表示。

(4) 效率——水泵的有效功率与轴功率之比值,以 η 表示。

单位时间内流过水泵的液体从水泵那里得到的能量叫做有效功率,以字母 N_u 表示,水泵的有效功率为

$$N_u = \gamma Q H \text{ (kg} \cdot \text{m/s)} \quad (2-1)$$

式中 γ ——液体的容重 (kg/m^3)。

由于水泵不可能将原动机输入的功率完全传递给液体,在水泵内部有损失,这个损失通常就以效率 η 来衡量。水泵的效率为,

$$\eta = \frac{N_u}{N} \quad (2-2)$$

由此可求得水泵的轴功率:

$$N = \frac{N_u}{\eta} = \frac{\gamma Q H}{\eta} \text{ (kg} \cdot \text{m/s)} \quad (2-3)$$

或
$$N = \frac{\gamma Q H}{102\eta} \text{ (kW)} \quad (2-4)$$

或
$$N = \frac{\gamma Q H}{75\eta} \text{ (马力)} \quad (2-5)$$

有了轴功率、有效功率及效率的概念后,可按下式计算运行水泵的耗电(W)值。

$$W = \frac{\gamma Q H}{102\eta_1 \cdot \eta_2} \cdot t \text{ (kWh)}$$

式中 t 为水泵运行的时数; η_1 及 η_2 分别为水泵及电机的效率值。

例如,某水厂取水泵站,供水量 $Q = 8.64 \times 10^4 m^3/d$,扬程 $H = 30m$,水泵及电机的效率均为70%,则该泵站工作10h其耗电值为:

将 $Q = 8.64m^3/d = 1m^3/s$; $H = 30m$; $\eta_1 = \eta_2 = 0.7$ 代入,则 $W = 6000kWh$

(5) 转速——水泵叶轮的转动速度,通常以每分钟转动的次数来表示,以字母 n 表示。常用单位为 r/min 。

各种水泵都是按一定的转速来进行设计的,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)也将按一定的规律变化。

● 一个工程大气压 = 1公斤/厘米² = 98.0665千帕 ≈ 100千帕 (kPa)。

在往复泵中转速通常以活塞往复的次数来表示 (次/min) (详见第三章)。

(6) 允许吸上真空高度 (H_s) 及气蚀余量 ($H_{s,v}$) :

允许吸上真空高度 (H_s) ——指水泵在标准状况下 (即水温为 20℃、表面压力为一个标准大气压) 运转时, 水泵所允许的最大的吸上真空高度。单位为 mH_2O 。水泵厂一般常用 H_s 来反映离心泵的吸水性能。

气蚀余量 ($H_{s,v}$) ——指水泵进口处, 单位重量液体所具有超过饱和蒸汽压力的富裕能量。水泵厂一般常用气蚀余量来反映轴流泵、锅炉给水泵等的吸水性能。单位为 mH_2O 。气蚀余量在水泵样本中也有以 Δh 来表示的。

H_s 值与 $H_{s,v}$ 值二者是从不同的角度来反映水泵吸水性能好坏的参数 (详见第十一节)。

上述 6 个性能参数之间关系, 水泵厂通常是用特性曲线来表示的。在水泵样本中, 除了对该型号水泵的构造、尺寸作出说明以外, 更主要的是提供了一套表示各性能参数之间相互关系的特性曲线, 使用户能全面地了解该水泵的性能 (详见本章第六节)。

另外, 为方便用户使用, 每台水泵的泵壳上钉有一块铭牌, 铭牌上简明地列出了该水泵在设计转速下运转时, 效率为最高时的流量、扬程、轴功率及允许吸上真空高度或气蚀余量值。铭牌上所列出的这些数值, 是该水泵设计工况下的参数值, 它只是反映在特性曲线上效率最高那个点的参数值。如国内生产的 12Sh-28_A 型单级双吸式离心泵的铭牌为:

离心式清水泵	
型号: 12Sh-28 _A	转数: 1450r/min
扬程: 10m	效率: 78%
流量: 684m ³ /h	轴功率: 28kW
允许吸上真空高度: 4.5m	质量: 660kg

铭牌上各符号及数字的意义:

12——表示水泵吸水口的直径 (in)●;

Sh——汉语拼音“shuāng”双的头两个字母, 表示单级双吸卧式离心泵;

28——表示水泵的比转数被 10 除的整数, 也即该水泵的比转数为 280 (“比转数”详见本章第八节);

A——表示该水泵叶轮的直径已经切削小了一档 (详见本章第九节)。

第四节 离心泵的基本方程式

离心泵是靠叶轮的旋转来抽送水的, 那么, 工作水流在旋转的叶轮中究竟是如何运动的呢? 一个旋转的叶轮能够产生多大的扬程? 对于这些运动规律, 我们将借助于离心泵的基本方程式的推导和分析, 逐一得到进一步的了解。

一、叶轮中液体的流动情况

图 2-15 所示为离心泵闭式叶轮的平面及剖面。水流从吸水管沿着泵轴方向以绝对速度 C_0 自叶轮进口处流入, 液体质点在进入叶轮后, 就经历着一种复合圆周运动。因此, 研究液体质点在叶轮中的流动时, 存在着两个座标系统: a . 旋转着的叶轮是动座标系统; b . 固

● $1\text{mH}_2\text{O} = 9806.65\text{Pa}$.

● $1\text{in} = 2.54\text{cm}$.

定不动的泵壳或泵座是静坐标系。水流在叶槽中以速度 W 沿叶片而流动，这是液体质点对动坐标系的运动，称为相对运动，其相对速度为 W 。在这同时，水流又有随叶轮一起作旋转运动的一个圆周速度 u ，此速度可看作叶轮这个动坐标系对泵壳这个静坐标系的运动速度，称为牵连速度。上述这两个速度的合成，即为液体质点对泵壳的绝对速度 C 。换句话说，对泵壳而言，水流将以绝对速度 C 在运动着。则水流在叶轮中的复合运动可用速度平行四边形来表示，如图2-15所示。图中速度 C_1 与 u_1 和 C_2 与 u_2 的夹角，称为 α_1 和 α_2 角， W_1 与 u_1 和 W_2 与 u_2 反方向延长线之间的夹角，称为 β_1 和 β_2 角，在水泵的设计中， β_1 又被称为叶片的进水角， β_2 被称为叶片的出水角。

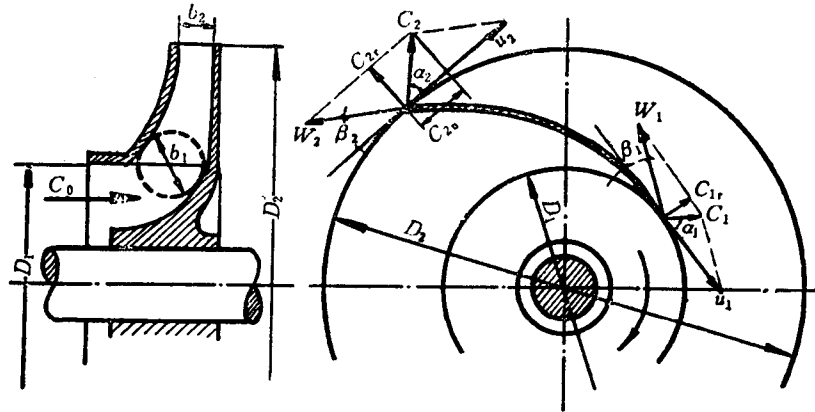


图 2-15 离心泵叶轮中水流速度

当叶片出口是径向时， $\beta_2 = 90^\circ$ 如图2-16(b)所示。当 β_1 和 β_2 均小于 90° 时，叶片与旋转方向呈后弯式叶片，如图2-16(a)所示。当 β_2 大于 90° 时，叶片与旋转方向呈前弯式叶片，如图2-16(c)所示。因此， β_2 角的大小反映了叶片的弯度，是构成叶片形状和叶轮性能的一个重要数据。实际工程中使用的离心泵叶轮，大部分是后弯式叶片。后弯式叶片的流道比较平缓，弯度小，叶槽内水力损失较小，有利于提高泵的效率。一般前弯式叶片，槽道短而弯度大，叶轮中水流的弯道损失大，水力效率低。一般离心泵中常用的 β_2 值为 $20 \sim 30^\circ$ 之间。

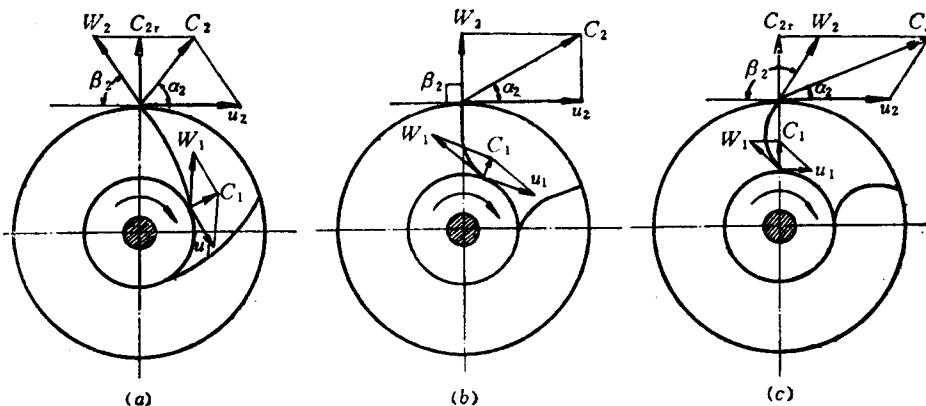


图 2-16 离心泵叶片形状

(a) 为后弯式 ($\beta_2 < 90^\circ$)；(b) 为径向式 ($\beta_2 = 90^\circ$)；(c) 为前弯式 ($\beta_2 > 90^\circ$)