

水泵及泵站设计计算

李亚峰 尹士君 蒋白懿 编著



化学工业出版社

·北京·

本书主要介绍水泵的基础知识、泵站的设计计算以及泵站运行管理等方面的知识。包括水泵的分类、构造、性能,泵站的类型与特点,泵站的设计计算,水泵机组的安装,泵站的运行管理,故障排除与维修等内容。本书可供从事与泵站相关的工程技术人员及泵站管理人员使用,也可以作为给排水工程等专业学生的教学参考书。

图书在版编目 (CIP) 数据

水泵及泵站设计计算/李亚峰,尹士君,蒋白懿编著.
北京:化学工业出版社,2006.8
ISBN 7-5025-9366-7

I. 水… II. ①李…②尹…③蒋… III. ①水泵-基
本知识②泵站-设计计算③泵站-运行-管理 IV. TV675

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 109799 号

水泵及泵站设计计算

李亚峰 尹士君 蒋白懿 编著

责任编辑:董琳 管德存

责任校对:洪雅姝

封面设计:史利平

*

化学工业出版社出版发行

(北京市朝阳区惠新里3号 邮政编码 100029)

购书咨询:(010)64982530

(010)64918013

购书传真:(010)64982630

<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销

化学工业出版社印刷厂印装

开本 787mm×1092mm 1/16 印张 13½ 插页 1 字数 333 千字

2007年1月第1版 2007年1月北京第1次印刷

ISBN 7-5025-9366-7

定价:28.00元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者,本社发行部负责退换

前 言

水泵及泵站工程是关系社会发展、国民经济建设和人民生活水平提高的重要基础设施，被广泛应用于城乡给水排水、农业灌溉、防洪排涝等领域。近些年来，水泵技术及泵站工程技术发展迅速，新技术、新产品层出不穷。合理选择水泵，正确设计泵站，科学地使用与管理对充分发挥泵站功能，节约能耗具有重要作用。

本书以给水排水工程中广泛使用的水泵和相应的泵站工程为重点，介绍水泵的基础知识、泵站的设计计算以及泵站运行管理等方面的知识。包括水泵的分类、构造、性能，泵站的类型与特点，泵站的设计计算，水泵机组的安装，泵站的运行管理，故障排除与维修等内容。为了使读者能够尽快掌握各类泵站的设计计算方法，书中还配有取水泵站、送水泵站、循环泵站、小区加压泵站、深井泵站、污水泵站等设计计算例题。本书突出工程应用性，以泵站的设计与计算为中心内容，语言简明扼要、通俗易懂。本书可供从事与泵站相关的工程技术人员及泵站管理人员使用，也可以作为给排水工程等专业学生的教学参考书。

本书第一章、第二章、第九章、第十章由沈阳建筑大学李亚峰编写；第三章、第四章由沈阳建筑大学许秀红、李亚峰编写；第五章由东北大学马学文编写；第六章第一节、第二节、第四节、第五节、第七节由沈阳建筑大学蒋白懿和沈阳铝镁设计研究院陈桂凤编写；第六章第三节、第六节由沈阳建筑大学杨辉编写；第七章由沈阳建筑大学徐丽、李亚峰编写；第八章由沈阳建筑大学徐丽编写；第十一章由沈阳建筑大学尹士君编写。全书由李亚峰统编定稿。

由于我们的编写水平有限，对于书中不妥之处，请读者不吝指教。

编著者
2006年6月

目 录

第一章 水泵的基础知识	1
第一节 水泵的分类	1
第二节 水泵的基本性能参数及水泵型号的意义	1
第三节 离心泵的构造及工作原理	6
第四节 离心泵的特性曲线	10
第五节 离心泵装置定速运行工况	12
第六节 水泵的工况调节	14
第七节 水泵的并联与串联工作	16
第二章 常用水泵的构造、性能及应用	25
第一节 IS 系列单级单吸式离心泵	25
第二节 Sh (SA) 系列单级双吸式离心泵	25
第三节 D 型多级离心泵	26
第四节 轴流泵和混流泵	28
第五节 潜水泵	31
第六节 深井泵	33
第七节 WL 型立式污水泵	34
第八节 WW 型无堵塞污水污物泵	34
第九节 自吸泵	35
第十节 GD 型管道泵	36
第十一节 螺杆泵	37
第十二节 螺旋泵	38
第十三节 射流泵	40
第十四节 气升泵	41
第三章 水泵的调速与换轮	43
第一节 水泵的调速与节能	43
第二节 水泵换轮与节能	49
第四章 泵站设计要求与水泵选择	53
第一节 水泵的选择	53
第二节 水泵机组布置和基础设计	56
第三节 泵站的噪声及其消除	59
第四节 泵站水锤及防护	60
第五节 离心泵的吸水性能与最大安装高度	64
第五章 泵站变配电设施及自动控制	68
第一节 变配电系统中负荷等级及电压选择	68

第二节	配电室及变压器间	69
第三节	常用电动机	75
第四节	泵站的自动控制	76
第五节	泵站的防雷措施	77
第六章	给水泵站的设计与计算	79
第一节	给水泵站分类与特点	79
第二节	给水泵站中的辅助设备	80
第三节	取水泵站设计与计算	93
第四节	送水泵站的设计与计算	101
第五节	循环泵站设计与计算	123
第六节	深井泵站的设计与计算	135
第七节	加压泵站的设计与计算	139
第七章	污水泵站的设计与计算	149
第一节	排水泵站的分类与特点	149
第二节	污水泵站中的辅助设备	152
第三节	污水泵站的工艺设计	154
第四节	污水泵站设计实例	157
第八章	雨水泵站与合流泵站的设计与计算	168
第一节	雨水泵站的工艺特点	168
第二节	合流泵站的工艺特点	173
第三节	雨水泵站设计实例	174
第九章	水泵机组的安装	175
第一节	水泵机组安装前的准备工作及基础施工	175
第二节	水泵机组的安装	178
第十章	泵的运行维护与检修	187
第一节	离心泵的维护与检修	187
第二节	轴流泵的运行维护	190
第三节	螺杆泵的运行维护	192
第四节	潜水泵的运行维护	194
第五节	螺旋泵使用和维的的注意事项	197
第十一章	计算机优化选泵方法及应用	199
第一节	水泵选型的理论依据和方法	199
第二节	优化选泵的基本原理	199
第三节	智能选泵系统的基本功能及应用	202
主要参考文献	208

第一章 水泵的基础知识

第一节 水泵的分类

水泵的品种系列繁多，分类方法也各不相同。按其作用原理水泵可分为以下三类。

1. 叶片式水泵

这类泵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。它们的叶轮入流方向皆为轴向，所不同的是叶轮出流方向。离心泵中的液流在离心力的作用下，沿与泵轴线垂直的径向平面流出叶轮；轴流泵中的液流在推力作用下，沿轴向流出叶轮；混流泵的叶轮出流方向介于离心泵和轴流泵之间，即在离心力和推力的共同作用下，液流沿斜向流出叶轮。

按泵轴的工作位置可将叶片泵分为横轴泵、立轴泵和斜轴泵；按压水室形式可分为蜗壳式泵和导叶式泵；按吸入方式可分为单吸式泵和双吸式泵；按一台泵的叶轮数目可分为单级泵和多级泵。每一台泵都可在上述各种分类中找到所隶属的结构类型，从而得到相应的名称。

2. 容积式水泵

这类泵对液体的压送是靠泵体工作室容积的改变来完成的。容积式泵按工作室容积变化的方式又可分为往复式泵和回转式泵两大类。往复式泵是通过柱塞在泵缸内做往复运动而改变工作室容积。回转式泵是通过转子做回转运动而改变工作室。常用的容积式水泵主要有螺杆泵、隔膜泵及转子式泵等。

3. 其他类型水泵

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或动量来输送液体的。

上述各种类型水泵的使用范围是很不相同的。叶片式水泵的使用范围相当广泛，其中轴流泵和混流泵的使用范围侧重于低扬程、大流量，在排水工程中应用广泛。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，给水工程使用的多为离心泵。往复泵的使用范围侧重于高扬程、小流量工程。

第二节 水泵的基本性能参数及水泵型号的意义

一、水泵的基本性能参数

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，常用的体积流量单位是 m^3/h 或 L/s 。常用的重量流量单位是 t/h 。

2. 扬程（总扬程）

水泵对单位重量 (1kg) 液体所做之功, 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 $\text{kg} \cdot \text{m}/\text{kg}$, 也可折算成抽送液体的液柱高度 (m) 表示; 工程中用国际压力单位帕斯卡 (Pa) 表示。

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。水泵的效率为:

$$\eta = \frac{N_u}{N} \quad (1-1)$$

式中 N ——轴功率, kW;

N_u ——有效功率, 即单位时间内流过水泵的液体从水泵那里得到的能量, kW。

水泵的有效功率为:

$$N_u = \frac{\gamma Q H}{102} \quad (1-2)$$

式中 N_u ——有效功率, kW;

γ ——液体的容重, kg/m^3 ;

Q ——流量, m^3/s ;

H ——扬程, m。

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。在往复泵中转速通常以活塞往复的次数来表示 (次/min)。

6. 允许吸上真空高度及汽蚀余量

允许吸上真空高度指水泵在标准状况下 (即水温为 20°C 、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。以 H_s 表示, 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。

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

H_s 值与 H_{sv} 值两者是从不同的角度来反映水泵吸水性能好坏的参数, H_s 值越大, 水泵吸水性能越好; H_{sv} 值越大, 水泵吸水性能越差。

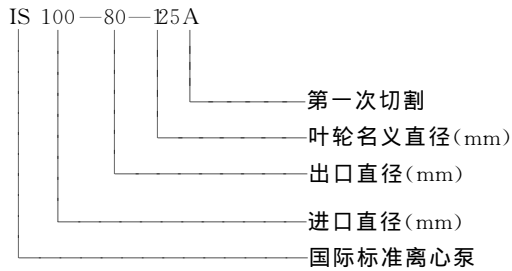
水泵厂通常是用特性曲线来表示上述 6 个性能参数之间的关系的。在水泵样本中, 除了对该型号水泵的构造、尺寸做出说明以外, 更主要的是提供了一套表示各性能参数之间相互关系的特性曲线, 使用户能全面地了解该水泵的性能。

每台水泵铭牌上所列出的性能参数是该水泵在设计转速下运转, 效率为最高时的流量、扬程、轴功率及允许吸上真空高度或汽蚀余量值, 也就是该水泵在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各参数值。

二、水泵型号意义说明

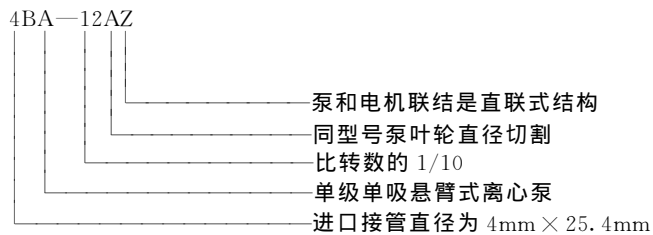
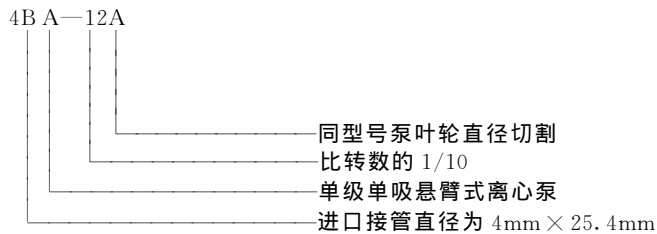
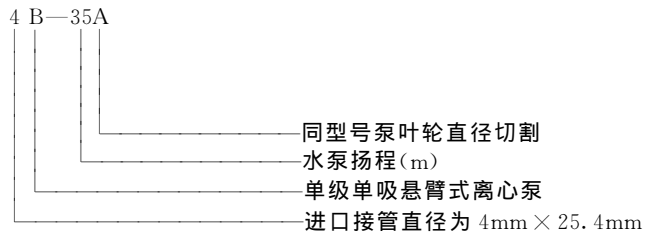
(一) 离心泵

1. IS 型离心泵

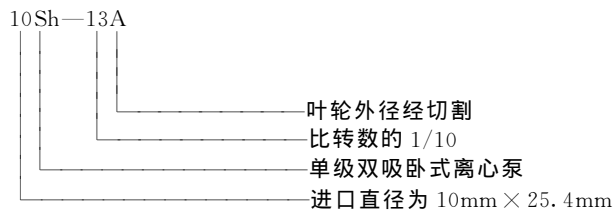


2. B 型、BA 型和 BAZ 型离心泵

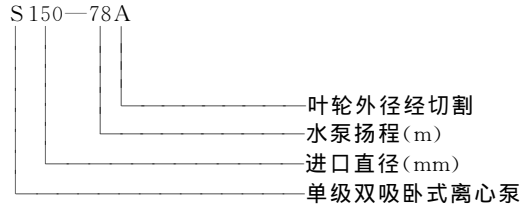
根据 (84) 机技联字 238 号“关于下达机械工业第五批淘汰产品的通知”，本拟删去 B 型、BA 型泵，但目前尚有部分泵仍在使用中，因此，在这里介绍其中的一部分。



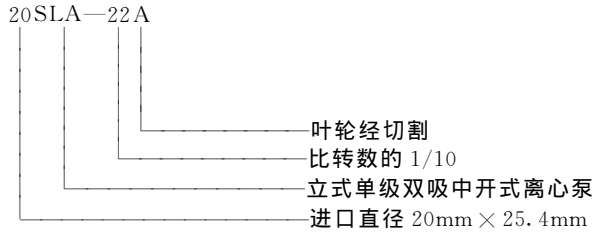
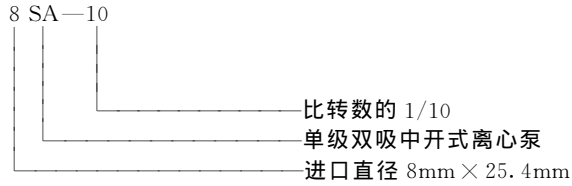
3. Sh 型离心泵



4. S 型离心泵

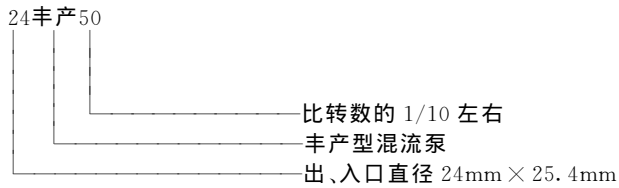


5. SA 型、SAL 型离心泵

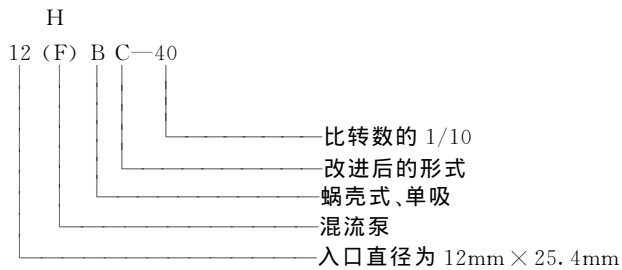


(二) 混流泵

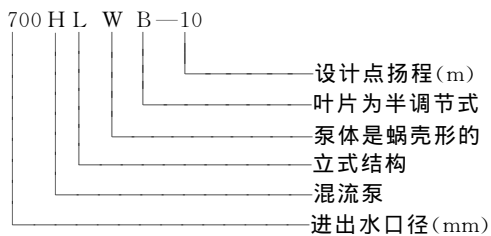
1. 丰产型混流泵

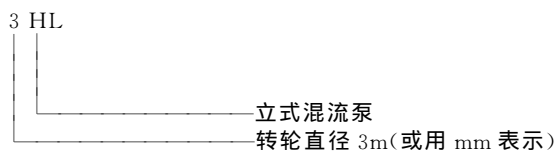


2. HB 型混流泵



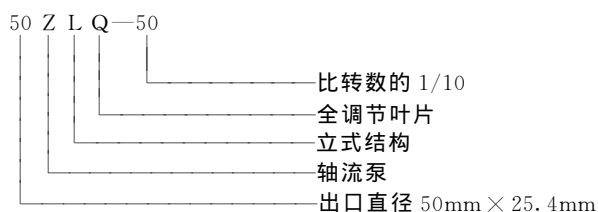
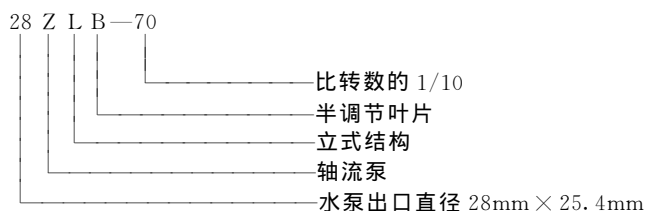
3. HLWB 型、HL 型立式混流泵



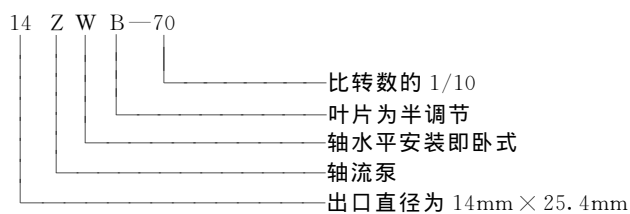
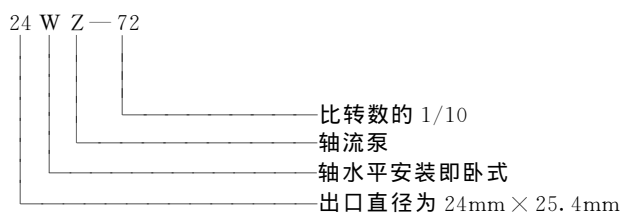


(三) 轴流泵

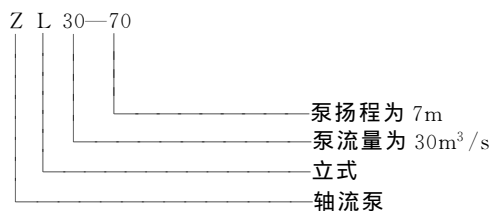
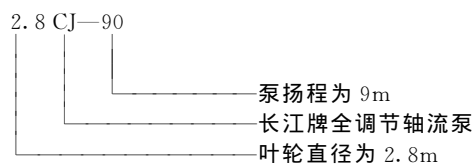
1. ZLB 型、ZLQ 型轴流泵



2. WZ 型、ZWB 型卧式轴流泵

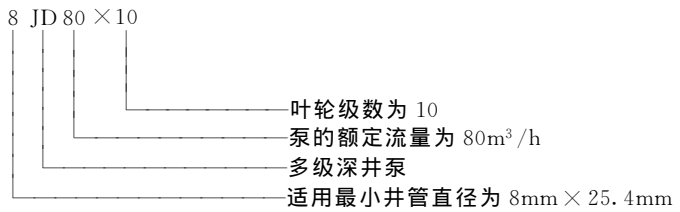


3. 大型轴流泵

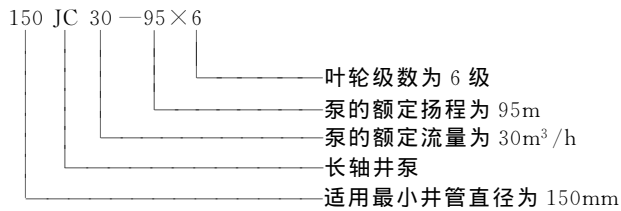


(四) 长轴井泵

1. JD 型井泵

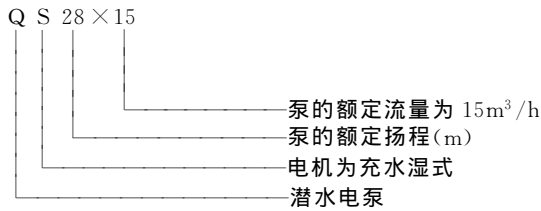


2. JC 型井泵



(五) 潜水电泵

QS 型潜水电泵



第三节 离心泵的构造及工作原理

一、离心泵的基本构造

离心泵的种类有很多，图 1-1 所示为单级单吸式离心泵的基本构造，主要包括蜗壳形的泵壳、泵轴、叶轮、吸水管、压水管、底阀、控制阀门、灌水漏斗和泵座。

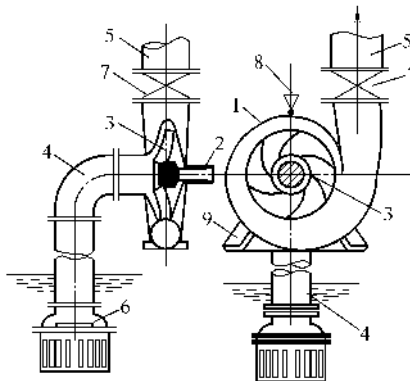


图 1-1 单级单吸式离心泵构造

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

二、离心泵的工作原理

离心泵是利用叶轮旋转而使水产生的离心力来工作的。水泵在启动前,必须使泵壳和吸水管内充满水,然后启动电机,使泵轴带动叶轮和水做高速旋转运动,水在离心力的作用下,被甩向叶轮外缘,经蜗形泵壳的流道流入水泵的压水管路。水泵叶轮中心处,由于水在离心力的作用下被甩出后形成真空,吸水池中的水便在大气压力的作用下被压进泵壳内,叶轮通过不停地转动,使得水在叶轮的作用下不断流入与流出,达到了输送水的目的。

三、离心泵的主要零件

离心泵是由许多零件组成的,根据工作时各部件所处的工作状态,大致可以分成三大类型:转动部件、固定部件和交接部件。

1. 叶轮

叶轮是泵的核心组成部分,它可使水获得动能而产生流动。叶轮由叶片、盖板和轮毂组成,见图 1-2。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。单吸式叶轮如图 1-2 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 1-3 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。

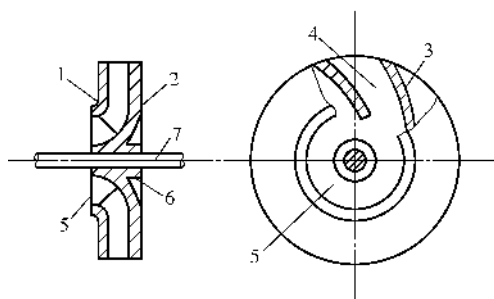


图 1-2 单吸式叶轮

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

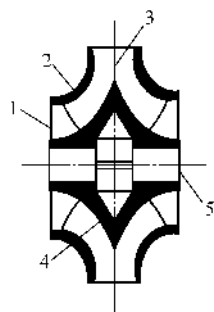


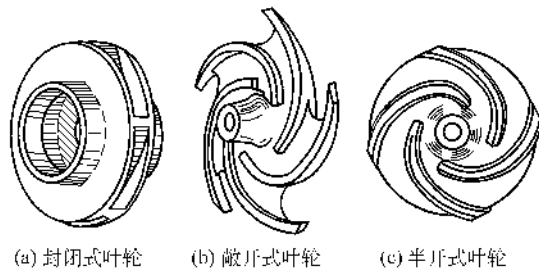
图 1-3 双吸式叶轮

1—吸入口; 2—轮盖; 3—叶片;
4—轮毂; 5—轴孔

叶轮按其盖板情况又可分为封闭式、敞开式和半开式三种,如图 1-4 所示。污水泵往往采用封闭式叶轮单槽道或双槽道结构,以防止杂物堵塞;砂泵则往往采用半开式及敞开式结构,以防止砂粒对叶轮的磨损及堵塞。

2. 泵轴

泵轴是用来旋转泵叶轮的。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。叶轮和轴用键来联结。键是转动体之间的连接件,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。



(a) 封闭式叶轮 (b) 敞开式叶轮 (c) 半开式叶轮

图 1-4 叶轮形式

3. 泵壳

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水管。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。

4. 泵壳

泵壳由若干零部件组成，其内腔形成了叶轮工作室、吸水室和压水室。泵壳的形状和大小取决于叶轮结构形式和尺寸以及由水力设计确定的吸水室和压水室形状尺寸。泵壳主要有端盖式泵壳和中开式泵壳两种，端盖式泵壳沿着与泵轴心线相垂直的径向面剖分，形成泵体和泵盖，多用于单级泵，如图 1-5(a) 所示；中开式泵壳沿通过泵轴心线的平面剖分的泵壳，常用于双支承的蜗壳式泵，如横轴单吸双吸泵等，如图 1-5(b) 所示。

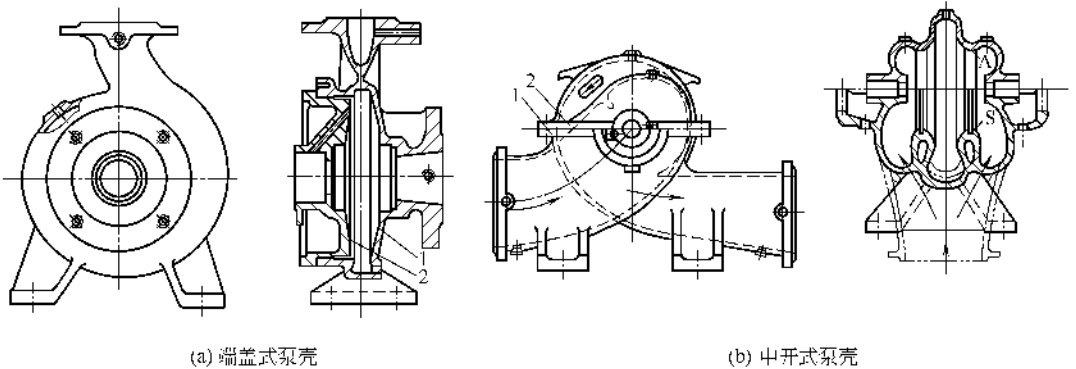


图 1-5 泵壳结构形式
1—泵体；2—泵盖

离心泵的泵壳通常铸成蜗壳形。蜗壳形流道沿流出的方向不断增大，可使其中水流的速度保持不变，以减少由于流速的变化而产生的能量损失。泵的出水口处有一段扩散形的锥形管，水流随着断面的增大，速度逐渐减小，而压力逐渐增大，水的动能转化为势能。一般在泵体顶部设有放气或加水的螺孔，以便在水泵启动前用来抽真空或灌水。

5. 泵座

泵座上有与底板或基础固定用的法兰孔。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。

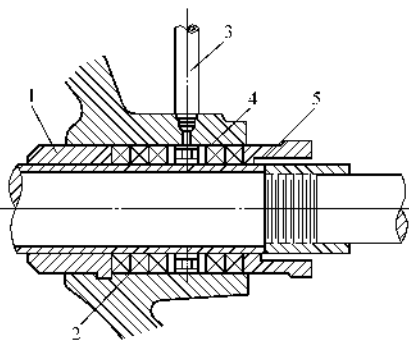


图 1-6 压盖填料型填料盒
1—轴封套；2—填料；3—水封管；
4—水封环；5—压盖

6. 轴封装置

在泵轴穿出泵盖处，为了防止高压水通过转动间隙流出及空气流入泵内，必须设置轴封装置。轴封装置有填料盒密封和机械密封。

(1) 填料盒密封 填料盒密封在离心泵中得到广泛的应用，图 1-6 所示为较常见的一种。填料又称盘根，常用的有浸油石棉盘根、石棉石墨盘根，近年来，碳纤维盘根及聚四氟乙烯盘根也相继出现，

使其使用效果要好于前者，但是成本较高；盘根的断面大部分为方形，它的作用是填充间隙进行密封，通常为 4~6 圈，填料的中部装有水封环，是一个中间凹外圈凸起的圆环，该环对准水封管，环上开有若干小孔。当泵运行时，泵内的高压水通过水封管进入水封环渗入填料进行水封，同时还起冷却及润滑泵轴的作用。填料压紧的程度用压盖上的螺丝来调节。如压得过紧，虽然能减少泄漏，但填料与轴摩擦损失增加，消耗功率也大，甚至发生抱轴现象，使轴过快磨损；压得过松，则达不到密封效果。因此，应保持密封部位每分钟 25~150 滴水为宜，但具体的泵应根据其说明书的要求来控制滴水的频率。

(2) 机械密封 又称端面密封。机械密封主要是依靠液体的压力和压紧元件的压力，使密封端面上产生适当的压力和保持一层极薄的液体膜而达到密封的目的。

机械密封有非平衡型、平衡型等多种类型。非平衡型机械密封的密封端面上的压力取决于密封介质的压力，介质压力增加，端面上的比压成正比地增加。如果端面的比压太大，则可能造成密封泄漏严重，寿命缩短，因此非平衡型机械密封不宜在高压下使用。平衡型机械密封的密封端面上的比压增加缓慢，亦即介质压力的高低对端面的比压影响较小，因此平衡型可用于高压下的机械密封。

7. 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，它是高低压交界面，且具有相对运动的部位。这个间隙如果过大，则泵体内高压水便会经过此间隙回漏到叶轮的吸水侧，从而降低水泵的效率；如果间隙太小，叶轮的转动就会与泵体发生摩擦，特别是水中含有砂粒时更会加剧这种摩擦。为了保护叶轮和泵体，同时为了减少漏水损失，在叶轮的吸入口或壳上安装减漏环。减漏环有单环形、双环形和双环迷宫形，如图 1-7 所示。

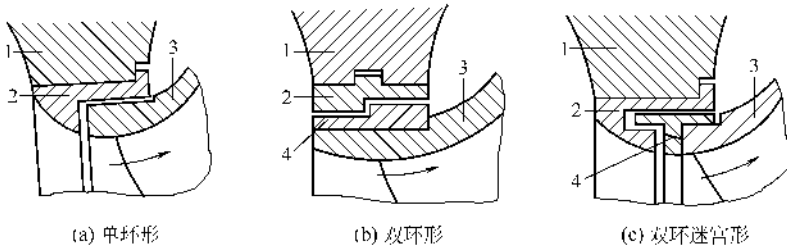


图 1-7 减漏环

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

8. 轴承

轴承用以支持转动部分的重量以及承受运行时的轴向力及径向力。一般来说，卧式泵以径向力为主，立式泵以轴向力为主。有的大型泵为了降低轴承温度，在轴承上安装了轴承降温水套，用循环的净水冷却轴承。

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。

9. 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，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。挠性联轴器一般用于大、中型卧式泵机组

安装中。图 1-8 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，造成把孔磨成椭圆或失圆等现象。

10. 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。因此，在水泵叶轮上作用有一个推向吸入口的轴向力。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 1-9 所示。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。此方法由于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，水泵的效率有所降低。

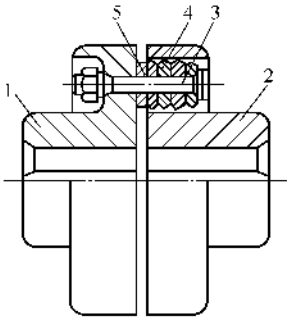


图 1-8 圆盘形挠性联轴器
1—泵侧联轴器；2—电机侧联轴器；
3—柱销；4—弹性圈；5—挡圈

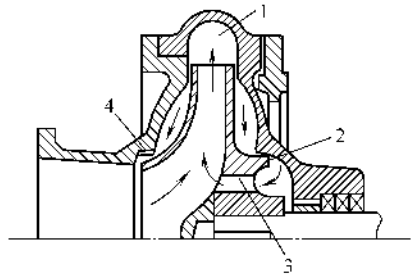


图 1-9 轴向力平衡措施
1—排出压力；2—加装的减漏环；
3—平衡孔；4—泵壳上的减漏环

对于多级离心泵，其轴向推力将随叶轮个数的增加而增大，在叶轮的后盖板上钻开平衡孔很难消除轴向推力，通常的做法是在水泵最后一级安装平衡盘装置。另外，也可以将各个单吸式叶轮作“面对面”或“背靠背”的布置，消除由于叶轮受力的不对称性而引起的轴向推力，如图 1-10 所示。但是，一般而言，这类布置将使泵的构造较为复杂一些。

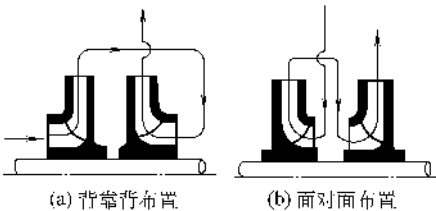


图 1-10 叶轮对称布置

第四节 离心泵的特性曲线

当转速 n 一定时，扬程 (H)、轴功率 (N)、效率 (η) 以及允许吸上真空高度 (H_s) 等随流量 (Q) 而变化的曲线为离心泵的特性曲线。

由于泵内的水流运动很复杂，目前还没有完全符合泵内的水流运动情况的水力计算法，因此，对于离心泵特性曲线的求得，通常是采用“性能试验”来进行实测的。

图 1-11 所示为目前生产的“14SA-10”型水泵的特性曲线 (n 为 1450r/min)。图中包含有 $Q-H$ 、 $Q-N$ 、 $Q-\eta$ 及 $Q-H_s$ 等 4 条曲线。通过这些曲线可以可以看出以下几点。

(1) $Q-H$ 曲线是一条不规则的曲线，扬程随流量的增大而下降。

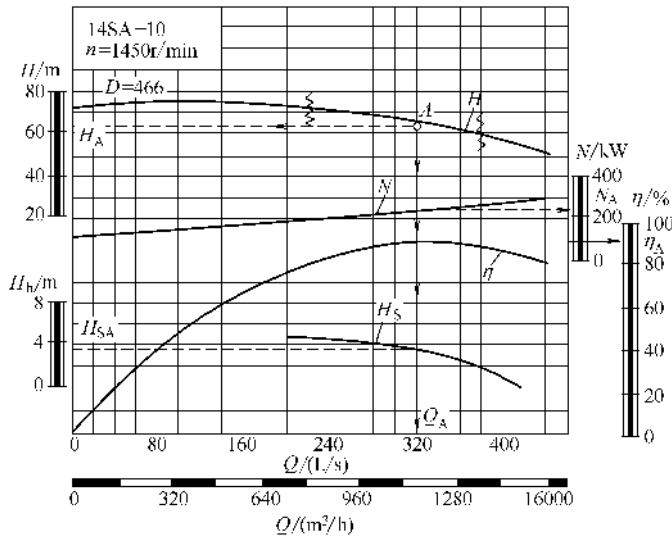


图 1-11 14SA-10 型水泵的特性曲线

(2) $Q-\eta$ 曲线上有个最高点，即离心泵有一个最高效率点。它将是该水泵最经济工作的一个点。在该点左右的一定范围内（一般不低于最高效率点的 10% 左右）都是属于效率较高的区段，在水泵样本中，用两条波形线标出，称为水泵的高效段。在选泵时，应使泵站设计所要求的流量和扬程能落在高效段的范围内。

(3) 在流量 $Q=0$ 时，相应的轴功率并不等于零，而 $N=100\text{kW}$ 。此功率主要消耗于水泵的机械损失上。其结果将使泵壳内水的温度上升，泵壳、轴承会发热，严重时可能导致泵壳的热力变形。因此，在实际运行中，水泵在 $Q=0$ 的情况下，只允许做短时间的运行。

另外，当水泵闭闸运行时，即 $Q=0$ 时，泵的轴功率最小，而扬程值又是最大，完全符合了电动机轻载启动的要求。因此，在给水处理泵站中，凡是使用离心泵的，通常采用“闭闸启动”的方式。

(4) 在 $Q-N$ 曲线上各点的纵坐标，表示水泵在各不同流量 Q 时的轴功率值。在选择与水泵配套的电动机的输出功率时，必须根据水泵的工作情况选择比水泵轴功率稍大的功率，以免在实际运行中，出现小机拖大泵而使电机过载、甚至烧毁等事故。但亦应避免选配过大功率的电机，造成机大泵小使电机容量不能得到充分的利用，从而降低了电机的效率和功率因数 $\cos\varphi$ 。

另外，水泵样本中所给出的 $Q-N$ 曲线与所抽升的液体容重 (γ) 有关，当所抽升的液体容重不同时，则样本中的 $Q-N$ 曲线就不能适用。

(5) 在 $Q-H_s$ 曲线上各点的纵坐标，表示水泵在相应流量下工作时，水泵所允许的最大限度的吸上真空高度值。它并不表示水泵在某点 (Q, H) 工作时的实际吸水真空值。水泵的实际吸水真空值必须小于 $Q-H_s$ 曲线上的相应值，否则，水泵将会产生汽蚀现象。

(6) 水泵特性曲线与水泵所输送液体的黏度有关，黏度愈大，泵体内部的能量损失愈大，水泵的扬程 (H) 和流量 (Q) 都要减小，效率要下降，而轴功率却增大，也即水泵特性曲线将发生改变。故在输送黏度大的液体（如石油、化工黏液等）时，泵的特性曲线要经过专门的换算后才能使用，不能直接套用输水时的特性曲线。

第五节 离心泵装置定速运行工况

一、离心泵装置的总扬程

水泵特性曲线表示的是水泵本身固有的特性，是水泵本身具有的一种能力。但在实际工程中，水泵的工作，必然要与管路系统以及许多外界条件（如江河水位、水塔高度、管网压力等）联系在一起。我们把水泵和水管路的管路系统（包括一切管路附件）合在一起称为水泵“装置”。下面主要介绍如何确定水泵装置的扬程。

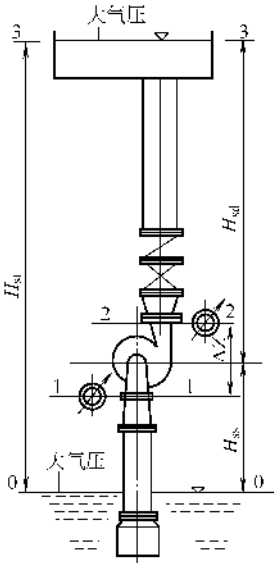


图 1-12 离心泵装置

1. 水泵装置的工作扬程

水泵装置的工作扬程是指水泵站工程已经建成，正在运行的水泵的扬程。水泵装置的工作扬程等于水泵吸水口处真空表的读数和水泵出水口处压力表的读数的和（以图 1-12 所示的水泵装置为例），即

$$H_g = H_v + H_d \quad (1-3)$$

式中 H_g ——水泵装置的工作扬程；
 H_v ——真空表的读数；
 H_d ——压力表的读数。

2. 水泵装置的设计扬程

所谓水泵装置的设计扬程，是指在进行泵站工程设计时，根据工程实际现场条件计算所得到的水泵扬程。水泵的设计扬程等于静扬程加上管路系统总的水头损失。即

$$H_D = H_{st} + \sum h \quad (1-4)$$

式中 H_D ——水泵装置的设计扬程；
 $\sum h$ ——水泵吸水管路和压水管路中的总水头损失；
 H_{st} ——水泵装置的静扬程，也就是吸水池测压管水面与高地水池测压管水面之间的高差。

$$H_{st} = H_{ss} + H_{sd} \quad (1-5)$$

式中 H_{ss} ——水泵的吸水地形高度，也就是水泵泵轴与吸水池测压管水面的高差。若泵轴比吸水池测压管水面高， H_{ss} 为正值；反之， H_{ss} 为负值。
 H_{sd} ——水泵的压水地形高度，也就是高地水池测压管水面与水泵泵轴的高差。若高地水池测压管水面比泵轴高， H_{sd} 为正值；反之， H_{sd} 为负值。

二、离心泵装置的工况

每一台水泵在一定的转速下，都有它自己固有的特性曲线，此曲线反映了该水泵本身潜在的工作能力。这种潜在的工作能力，在现实泵站的运行中，就表现为瞬时的实际出水量（ Q ）、扬程（ H ）、轴功率（ N ）以及效率（ η ）值等。我们把这些值在 $Q-H$ 曲线、 $Q-N$ 曲线以及 $Q-\eta$ 曲线上的具体位置，称为该水泵装置的瞬时工况点，它表示了该水泵在此瞬时的实际工作能力。

决定水泵工况点的因素有两个方面：（1）水泵固有的工作能力，包括水泵的型号、水泵