

国家级“九五”重点教材

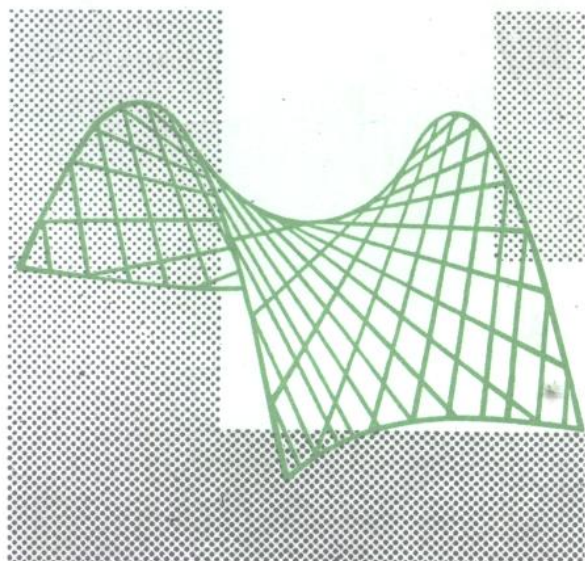
高等学校推荐教材

水泵及 水泵站

(第四版)

姜乃昌 主编 金锥 主审

● 中国建筑工业出版社



国家级“九五”重点教材

高等学校推荐教材

水泵及水泵站

(第四版)

姜乃昌 主编

金 锥 主审

中国建筑工业出版社

(京) 新登字 035 号

图书在版编目(CIP)数据

水泵及水泵站/姜乃昌主编. -4 版. -北京:中国建筑
工业出版社,1998
高等学校给水排水工程专业教材
ISBN 7-112-01826-9

I. 水… I. 姜… II. ①水泵-高等学校-教材 ② 泵站-
高等学校-教材 IV. TU991.35

中国版本图书馆 CIP 数据核字(97)第 21670 号

本书为国家级“九五”重点教材,高等学校推荐教材,主要内容为给水排水工程专业中常用叶片泵(离心泵及轴流泵)的基本构造、工作原理、主要性能、运行工况的图解法原理和数解法计算机程序(含 BASIC 及 FORTRAN 语言程序)、水泵机组的调速运行与节能原理;给排水泵站的机组选择、管道布置、辅助设施(含计量、引水、起重、通风等)、安全环保设施(含水锤防护、噪声消除等)以及变配电设施和自动测控系统等的内容与要求。书中结合算例介绍了泵站工艺设计的方法与步骤。

2134/37 26

国家级“九五”重点教材

高等学校推荐教材

水泵及水泵站

(第四版)

姜乃昌 主编

金 锥 主审

*

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

北京市兴顺印刷厂印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 15½ 字数: 377 千字

1998 年 6 月第四版 1998 年 6 月第九次印刷

印数: 94801—100800 册 定价: 12.80 元

ISBN 7-112-01826-9

TU·1396 (8582)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题,可寄本社退换

(邮政编码 100037)



第四版前言

十年磨一剑。《水泵及水泵站》教材，历经了十余个风雨春秋，已三度修订再版。今日，第四版教材与读者见面之际，本可写上几句庆贺词。然而，不容乐观的是，在中国大地上，不少流域的水源受到了污染，不少地区的水环境亮起了红灯。红灯之中透析出成百上千座水泵站，正日以继夜地将不合格的污（废）水，抽升入江河湖水之中。水体被污染了！水源被糟塌了！笔者的心情为之沉重不已。

笔者认为：现代科技、现代文明均应以造福人民为其成败的试金石。在我国给水排水事业方面，当前最值得强调的，恐怕莫过于对建立水工业体系的认识和实践了。水工业体系的基本观点，它着眼于把水的采集、净化、输送、利用、回收、直到再净化、再输送以及再利用的过程，视为一个完整的循环过程。这个完整的循环过程也可称之为“水的社会循环过程”（它有别于“水的自然循环过程”）。从这个基本观点出发，建立水工业体系就是要对水由自然水转化为商品水后，在进入社会循环过程中所发生的一切改变负责到底、跟踪到底。这样，才能从总体上确保水环境的良好状态，使我国的给水排水事业真正体现造福人民的效能。

诚然，水工业体系是一个综合性的大体系。它的建立，一定需要政府领导部门、企（事）业管理、教育、科研、生产以及工程等各个部门，方方面面人士的长期不懈的努力才能实现。它不仅是我国给水排水事业可持续发展的长远策略，也体现了人类在捍卫生态平衡进程中自救意识的增强。

《水泵及水泵站》教材，就其所涵内容，将毋庸置疑地会在水工业体系中占有一席之地，我们期望本教材的读者，能在掌握教材内容的基础上，深刻理解建立水工业体系的深远意义，并为此而努力奋斗。在这次修订中重点改写了下列5个方面：

一、对离心泵装置（含单泵多塔、多泵多塔、以及取水泵站和送水泵站）在定速和调速运行工况下数解法电算求解的程序，在原有的 BASIC 语言基础上，又相应地编写了一套 FORTRAN 语言程序，以供各校选用，并对原程序进行了核算。

二、在叶片式水泵中，增加了机械密封的内容，对潜水泵的介绍，增添了篇幅。特别是近年来，应用大中型潜水泵作为取水泵站的提升泵，简化了土建结构，降低了工程造价。

三、根据 1995 年 7 月制订的全国高校给水排水工程专业四年制本科的《水泵及水泵站》课程教学基本要求，恢复了螺旋泵及螺旋泵站的内容，分别编入第三章及第五章之中。

四、在第四章给水泵站中，增加了泵站测控调度自动化的要求及图式、改写了给水泵站工艺设计的设计算例，以及停泵水锤中的部分内容。

五、在排水泵站一章中除恢复了螺旋泵站以外，增添了合流制排水泵站的内容。

在这次修订中，参加第一章及第四章编写的有深圳市自来水公司韩德宏高级工程师和

湖南大学许仕荣副教授，参加第五章中第4节编写的有湖南大学柯水洲副教授。本书主审为西北建筑工程学院金锥教授。在修订过程中，中国工程院院士张杰高级工程师在对本书预审时提供了很好意见，特此一并致谢。

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	10
第四节 离心泵的基本方程式	12
一、叶轮中液体的流动情况	13
二、基本方程式的推导	14
三、基本方程式的讨论	15
四、基本方程式的修正	17
第五节 离心泵装置的总扬程	17
第六节 离心泵的特性曲线	23
一、理论特性曲线的定性分析	23
二、实测特性曲线的讨论	26
第七节 离心泵装置定速运行工况	28
一、管道系统特性曲线	28
二、图解法求水箱出流的工况点	30
三、图解法求离心泵装置的工况点	30
四、离心泵装置工况点的改变	31
五、数解法求离心泵装置的工况点	33
第八节 离心泵装置调速运行工况	36
一、叶轮相似定律	36
二、相似定律的特例——比例律	38
三、相似准数——比转数 (n_s)	43
四、调速途径及调速范围	47
第九节 离心泵装置换轮运行工况	50
一、切削律	50
二、切削律的应用	50
第十节 离心泵并联及串联运行工况	54
一、并联工作的图解法	54
二、定速运行下并联工作的数解法	60
三、调速运行下并联工作的数解法	69
四、并联工作中调速泵台数的选定	82
五、水泵串联工作	82

第十一节 离心泵吸水性能	84
一、吸水管中压力的变化及计算	84
二、气穴和气蚀	86
三、水泵最大安装高度	87
四、气蚀余量 (NPSH)	89
第十二节 离心泵机组的使用、维护及更新改造	91
一、启动前的准备工作	91
二、运行中应注意的问题	92
三、水泵的故障和排除	93
四、机泵的更新改造	94
第十三节 轴流泵及混流泵	96
一、轴流泵的基本构造	96
二、轴流泵的工作原理	97
三、轴流泵的性能特点	98
四、混流泵	99
第十四节 给水排水工程中常用的叶片泵	100
一、IS 系列单级单吸式离心泵	100
二、Sh (SA) 系列单级双吸式离心泵	100
三、D (DA) 系列分段多级式离心泵	101
四、JD (J) 系列深井泵	104
五、潜水泵	104
六、污水泵、杂质泵	106
第三章 其它水泵	107
第一节 射流泵	107
一、工作原理	107
二、射流泵计算	108
三、射流泵的应用	109
第二节 气升泵	110
一、工作原理	111
二、气升泵装置总图	112
三、气升泵计算	114
第三节 往复泵	117
一、工作原理	117
二、性能特点和应用	119
第四节 螺旋泵	119
一、工作原理	119
二、螺旋泵装置	120
三、螺旋泵优缺点	121
第四章 给水泵站	122
第一节 泵站分类与特点	122
一、取水泵站 (也称一级泵站)	122
二、送水泵站 (也称二级泵站)	123
三、加压泵站	124

四、循环水泵站	124
第二节 水泵选择	125
一、选泵的主要依据	125
二、选泵要点	127
三、选泵时尚需考虑的其它因素	130
四、选泵后的校核	131
第三节 泵站变配电设施及自动测控系统	132
一、变配电系统中负荷等级及电压选择	132
二、泵站常用的变配电系统	133
三、变电所	135
四、常用电动机	135
五、交流电动机调速	137
六、水泵机组的控制设备	139
七、泵站自动测控系统	139
第四节 水泵机组的布置与基础	142
一、水泵机组的布置	142
二、水泵机组的基础	143
第五节 吸水管路与压水管路	144
一、对吸水管路的要求	144
二、对压水管路的要求	147
三、吸水管路和压水管路的布置	148
四、吸水管路和压水管路的敷设	150
第六节 泵站水锤及其防护	151
一、停泵水锤	151
二、停泵水锤计算综述	154
三、停泵水锤防护措施	155
第七节 泵站噪声及其消除	165
一、噪声的定义	165
二、泵站中的噪声源	165
三、噪声的危害	165
四、泵站内噪声的防治	166
第八节 泵站中的辅助设施	168
一、计量	168
二、引水	172
三、起重	174
四、通风与采暖	176
五、其它设施	177
第九节 给水泵站的土建要求	179
一、一级泵站	179
二、二级泵站	180
三、循环水泵站	183
第十节 深井泵站	184
一、一般深井泵站	184

二、大型深井泵站（湿式竖井泵站）	186
第十一节 给水泵站的工艺设计	186
一、设计资料	186
二、泵站工艺设计步骤和方法	187
三、泵站的技术经济指标	189
四、取水泵站工艺设计举例	190
第五章 排水泵站	197
第一节 概 述	197
一、组成与分类	197
二、排水泵站的基本类型	197
第二节 污水泵站的工艺特点	199
一、水泵的选择	199
二、确定集水池容积	200
三、机组与管道的布置特点	201
四、泵站内部标高的确定	202
五、污水泵站中的辅助设备	202
六、排水泵站的构造特点及示例	204
第三节 雨水泵站的工艺特点	208
一、雨水泵站的基本类型	208
二、水泵的选择	209
三、集水池（也称吸水井）的设计	209
四、出流设施	210
五、雨水泵站内部布置、构造特点与示例	213
第四节 合流泵站的工艺特点	219
一、概述	219
二、合流泵站示例	220
第五节 螺旋泵污水泵站的工艺特点	224
一、概述	224
二、设计参数的选择	225
三、螺旋泵的安装	226
四、选泵举例	227
五、螺旋泵站实例	228
附录 I 单泵多塔供水系统计算的 FORTRAN 程序	229
附录 II 多泵多塔单节点供水系统计算的 FORTRAN 程序	230
附录 III 多泵多塔多节点供水系统计算的 FORTRAN 程序	231
附录 IV 取水泵站调速计算的 FORTRAN 程序	233
附录 V 送水泵站调速计算的 FORTRAN 程序	235

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，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

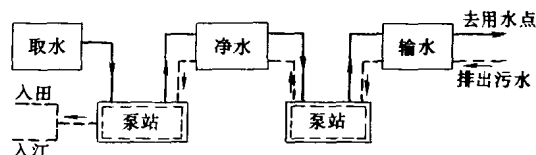


图 1-1 城市给水排水系统工艺基本流程

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。

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都需建造很多大型、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,有时多座泵站“串联”工作,组成梯级泵站群,工程规模是十分壮观的。

从经济的角度来看,城市供水企业一般都是用电大户。在整个给水工程的用电量中,95%~98%的电量是用来维持水泵的运转,其它2%~5%用在制水过程中的辅助设备上(如电动阀、排污泵、真空泵、机修及照明等)。以一般城镇水厂而言,泵站消耗的电费,通常占自来水制水成本的40%~70%,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。因此,通过科学优化调度,提高机泵设备的运行效率;采用调速电机,扩大水泵机组的高效工作范围;对役龄过长、设备陈旧的机泵,及时采取更新改造等措施,都是合理降低泵站电耗的重要途径。上海市吴淞水厂,自1981年将一台55kW电机采用可控硅串级调速运行以来,一直运行良好,每年节约电约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,例如采用液压自控蝶阀,各种微阻缓闭止回阀,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或动量来输送液体的。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,常常能起到良好的效果。

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

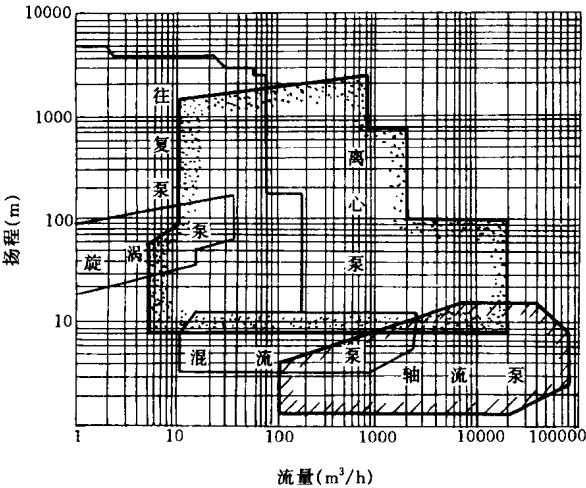


图 1-2 常用几种水泵的总型谱图

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 $0.2\sim 1\text{MPa}$ 之间，单泵流量的使用范围一般在 $50\sim 10000\text{m}^3/\text{h}$ 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 $0.02\sim 0.12\text{MPa}$ 之间，流量可以超过 $10000\text{m}^3/\text{h}$ ，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 10MPa 的记录。要进一步实现高扬程化，势必要提高泵的转速。今后随着水泵的气蚀、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 0.72MPa 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 $0.25\sim 1.25\text{MPa}$ 。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和水平。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，液体质点在这种水泵叶轮中流动时，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，其中以离心泵最为普遍。本章将以离心泵为重点，进行详细介绍和说明。

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（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，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大圆孔，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

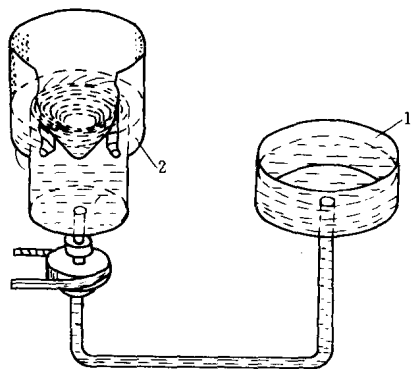


图 2-1 旋转圆筒中水流运动

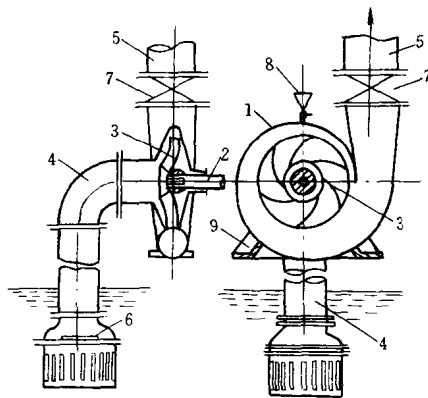


图 2-2 单级单吸式离心泵的构造

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

吸水管道，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水管道，由压水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水管道。这样，就形成了离心泵连续输水。

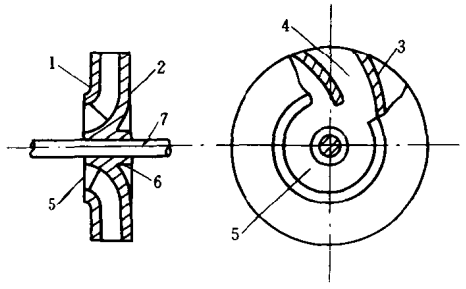


图 2-3 单吸式叶轮

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

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液体的动能和势能。在这个传递和转化过程中，就伴随着有许多能量损失，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，来说明各零件的作用、材料和组成。

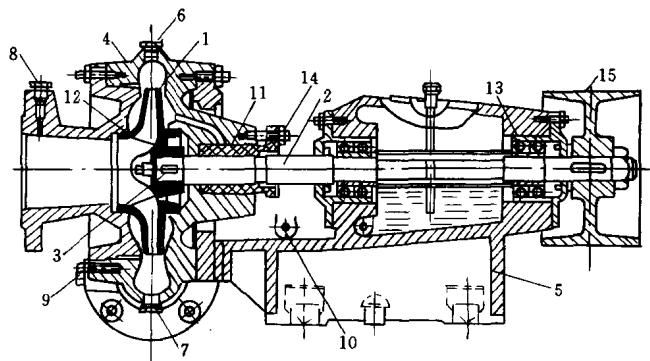


图 2-4 单级单吸卧式离心泵

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。

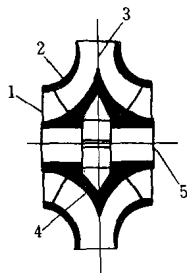


图 2-5 双吸式叶轮
1—吸入口; 2—轮盖; 3—叶片;
4—轮毂; 5—轴孔

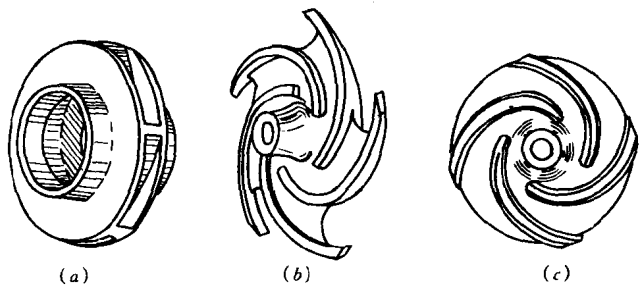


图 2-6 叶轮形式
(a) 为封闭式叶轮; (b) 为敞开式叶轮;
(c) 为半开式叶轮

二、泵轴

泵轴是用来旋转泵叶轮的,如图 2-4 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。

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,以便在水泵启动前用来充水及排走泵壳内的空气。在水泵吸水和压水锥管的法兰上,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,如果在水泵运动中暂时无用时,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、轴封装置

泵轴穿出泵壳时，在轴与壳之间存在着间隙，如不采取措施，间隙处就会有泄漏。当间隙处的液体压力大于大气压力（如单吸式离心泵）时，泵壳内的高压水就会通过此间隙向外大量泄漏；当间隙处的液体压力为真空（如双吸式离心泵）时，则大气就会从间隙处漏入泵内，从而降低泵的吸水性能。为此，需在轴与壳之间的间隙处设置密封装置，称之为轴封。目前，应用较多的轴封装置有填料密封、机械密封。

1. 填料密封

填料密封在离心泵中得到广泛的应用。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。

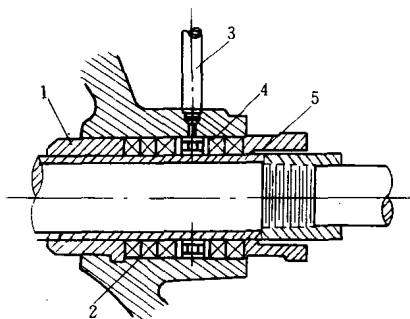


图 2-7 压盖填料型填料盒

1—轴封套；2—填料；3—水封管；4—水封环；5—压盖

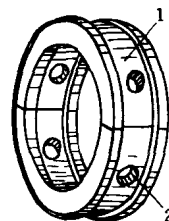


图 2-8 水封环

1—环圈空间；2—水孔

填料密封结构简单，运行可靠。但填料的寿命不长，对有毒、有腐蚀性且贵重的液体不能保证不泄漏。如发电厂的锅炉给水泵，需输送高温高压水，而泵轴的转速又高，若用填料密封则很难使泵正常工作。

2. 机械密封

机械密封又称端面密封，其基本元件与工作原理如图 2-9 所示，主要由动环 5（随轴一起旋转并能作轴向移动）、静环 6、压紧元件（弹簧 2）和密封元件（密封圈 4、7）等组成。动环籍密封腔中液体的压力和压紧元件的压力，使其端面贴合在静环的端面上，并在两环端面 A 上产生适当的比压（单位面积上的压紧力）和保持一层极薄的液体膜而达到密封的

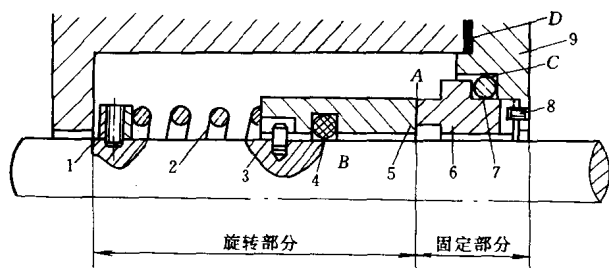


图 2-9 机械密封的基本元件和工作原理

1—弹簧座；2—弹簧；3—传动销；4—动环密封圈；5—动环；
6—静环；7—静环密封圈；8—防转销；9—压盖

目的。而动环和轴之间的间隙 B 由动环密封圈 4 密封，静环和压盖之间的间隙 C 由静环密封圈 7 密封。如此构成的三道密封（即 A 、 B 、 C 三个界面之密封），封堵了密封腔中液体向外泄漏的全部可能的途径。密封元件除了密封作用以外，还与作为压紧元件的弹簧一道起到了缓冲补偿作用。泵在运转中，轴的振动如果不加缓冲地直接传递到密封端面上，那么密封端面不能紧密贴合而会使泄漏量增加，或者由于过大的轴向载荷而导致密封端面磨损严重，使密封失效。另外，端面因摩擦必然会产生磨损，如果没有缓冲补偿，势必会造成端面的间隙越来越大而无法密封。

机械密封有许多种类，下面仅介绍平衡型与非平衡型机械密封（见图 2-10）。

非平衡型：密封介质作用在动环上的有效面积 B （去掉作用压力相互抵消的部分的面积）等于或大于动、静环端面接触面积 A 。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：密封介质作用在动环上的有效面积 B 小于端面接触面积 A 。当介质压力增大时，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。

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 $0.1 \sim 0.5 \text{ mm}$ ）；（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 2-11 所示，为 3 种不同形式的减漏环。图 2-11 (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。

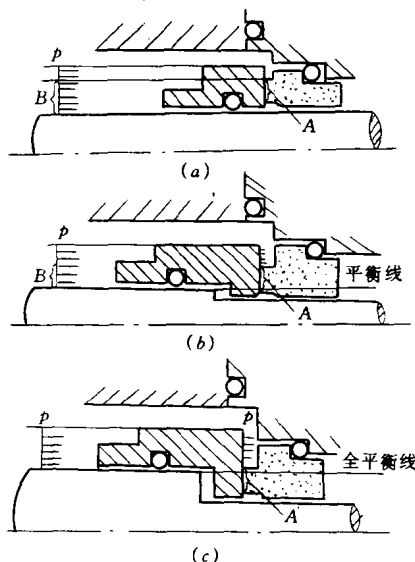


图 2-10 平衡型与非平衡型机械密封

(a) $B > A$ 非平衡型；(b) $B < A$ 平衡型；
(c) $B = 0$ 完全平衡型