



世纪高等教育给水排水工程系列规划教材

SHUI BENG JI SHUI BENG ZHAN

水泵及水泵站

颜锦文 主编
孙 寿 主审



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

21 世纪高等教育给水排水工程系列规划教材

水泵及水泵站

主 编 颜锦文
副主编 黄仕元 姜彦立
参 编 李 军 胡知纯 朱伟平
主 审 孙 寿



机械工业出版社

本教材注重水泵学科基本理论的系统性、完整性和实用性，反映和体现了本学科当前发展方向和新成就。

本教材结合教学 and 实际工作需要，在章节安排和编写上有独到之处：①将水泵特性与其配套的装置特性两种概念清晰地分开，又将两者的内在联系有机地结合起来，内容集中紧凑，易于理解。②在水泵汽蚀性能方面特别强调了水泵运行进口处的真实值与水泵允许吸上真空高度的概念，以及各种汽蚀余量的概念。③在水泵机组选型配套的内容方面写法更系统、更贴切工程实际。④对各种泵站的归纳分类比较有序，线条清晰。

本教材分水泵及水泵站两大部分，共有 8 章，主要内容包括水泵的分类、工作原理、构造及应用，水泵站的分类、类型、机组选型配套，泵站构筑物及管路系统设计计算等。教材中适量介绍了轴流泵站的有关内容。

各章节都安排了适量的习题，其中包括部分综合运用题，以便读者更深入地理解教材内容。

本教材不仅是高等院校给排水工程专业的教材，还可作为水利工程等专业的主要参考书，其内容也适合工程技术人员使用。

图书在版编目 (CIP) 数据

水泵及水泵站/颜锦文主编. —北京: 机械工业出版社, 2006.8

21 世纪高等教育给水排水工程系列规划教材

ISBN 7-111-19530-2

I. 水... II. 颜... III. ①水泵—高等学校—教材 ②泵站—高等学校—教材 IV. TV675

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 075614 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑: 刘涛 版式设计: 冉晓华 责任校对: 樊钟英

封面设计: 王伟光 责任印制: 杨曦

北京蓝海印刷有限公司印刷

2006 年 8 月第 1 版第 1 次印刷

169mm × 239mm · 5.875 印张 · 227 千字

定价: 18.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

本社购书热线电话 (010) 68326294

编辑热线电话 (010) 88379720

封面无防伪标均为盗版

前 言

本教材是根据 2004 年 7 月在湖南衡阳召开的“普通高等教育建筑类教材建设研讨会”的精神，及 2003 年高等学校土建学科教学指导委员会给水排水工程专业指导委员会审定的关于“水泵及水泵站”本科教学的基本要求编写的。

在水的社会循环中，特别是在给水排水工程中，“水泵及水泵站”如同人体的心脏，将水增压、提升、输送，起到不可缺少和不可替代的作用。在人类居住和生产的城市化进程中，给水排水工程已成为城市建设和工业生产的重要基础设施，是人类健康、安全和工农业生产发展的基础保证，也成为高等教育人材培养的重要领域。“水泵及水泵站”是给水与排水工程专业中一门重要的专业基础课。在教材的编写中，力求理论与实践相结合，尽量反映当前新技术、新材料、新设备以及在节能、优化设计和安全管理等各方面的应用成果。

本书共 8 章，分水泵及水泵站两大部分。主要内容包括水泵的分类、工作原理、构造及应用，水泵站的分类、类型、机组选型配套、泵站构筑物及管路系统设计计算等。编写中特别注意到水泵及水泵站学科基本理论的系统性、完整性和实用性，并反映了本学科当前的新发展和新成就。

在本书中突出体现了在行业体系上、泵产品的质量上、泵型最新的发展动向上，以及水泵站新的结构形式方面的成果，并根据教学与实际工作中的难点，在教材的章节安排、内容衔接和表达方面作了仔细和妥善处理：①将水泵特性与其配套的装置特性两种概念清晰地分开，又将两者的内在联系有机地结合起来，内容集中紧凑，易于理解。②在水泵汽蚀性能方面特别强调了水泵运行进口处的真实值与水泵允许吸上真空高度的概念，以及各种汽蚀余量的概念。③在水泵机组选

型配套的内容方面写法更系统、更贴切工程实际。④对各种泵站的归纳分类比较有序，线条清晰。

近年来南方地区水涝灾害严重，排水泵站规模日益增大，教材中用了适量的篇幅介绍了轴流泵站的有关内容。

各章节都安排了适量的习题，其中包括了部分综合运用题，以使读者更深入地理解教材内容。本教材不仅是给水排水工程专业的教材，还可作为水利工程等专业的主要参考书，其内容也适合工程技术人员使用。

本书由武汉大学教授、孝感学院特聘教授颜锦文主编，武汉大学教授孙寿主审。编写分工：颜锦文（前言，第1章，第3章1、4节，第6章1、2节，第7章1、2、3节），南华大学黄仕元（第3章2、3节，第6章3节），辽宁工程技术大学姜彦立（第4、5章），孝感学院李军（第2章）、胡知纯（第7章4、5节），平顶山工学院朱伟平（第8章）。

在本书的编写过程中得到了孝感学院、南华大学、辽宁工程技术大学的大力支持，在此表示感谢。

编者

2006年3月

目 录

前言

第 1 章 绪论	1
1.1 水泵的分类	1
1.2 水泵及水泵站的地位与作用	3
1.3 我国水泵及水泵站的现状与发展趋势	3
复习题	5
第 2 章 叶片式水泵的构造	6
2.1 离心泵	6
2.2 轴流泵	13
2.3 混流泵	16
复习题	16
第 3 章 叶片式水泵的性能	17
3.1 工作参数	17
3.2 基本方程式	20
3.3 基本性能曲线	28
3.4 叶轮相似律及相似准数	35
复习题	43
第 4 章 水泵运行工况及工况调节	45
4.1 水泵运行工况的确定	45
4.2 水泵并联及串联运行工况	53
4.3 水泵工况调节	61
复习题	72
第 5 章 水泵的汽蚀与安装高度	76
5.1 水泵汽蚀现象及其危害	76
5.2 吸水管路压力的变化与泵内最低压力值的推算	78
5.3 汽蚀余量	81
5.4 水泵安装高度	83
复习题	85
第 6 章 水泵机组选型及配套	86
6.1 水泵选型	86
6.2 动力机选型	91
6.3 中小型泵站常用辅助设备	94

复习题	109
第 7 章 水泵站	110
7.1 泵房	110
7.2 进、出水构筑物	122
7.3 进出水管道	132
7.4 给水泵站	149
7.5 排水泵站	158
复习题	167
第 8 章 其他泵装置	169
8.1 潜水泵装置	169
8.2 射流泵装置	175
8.3 螺旋泵装置	177
复习题	180
参考文献	181

第 1 章

绪 论

泵是一种能量转换机械，它将动力机的机械能量转给液体，使液体获得能量而得到提升、增压、输送，压送水的泵称水泵。

水泵工作必须有配套的动力机、管路系统，并在一定的水位条件下工作，这些统称为泵装置。泵装置及辅助设备和相应的构筑物组成了水泵站。

1.1 水泵的分类

水泵的种类繁多，按其作用原理可分为三大类。

1.1.1 叶片式水泵

利用装有叶片的叶轮高速旋转，将机械能转换为液体的动能与压能而工作的泵，叫叶片式水泵。根据被抽液体流出叶轮的方向可分为离心（径流）式，轴流式和混流（斜流）式三种。如图 1-1 所示。

由于叶片泵效率较高，起动方便，性能可靠而且流量、扬程适用范围较大，因此，在给排水工程中得到广泛应用。

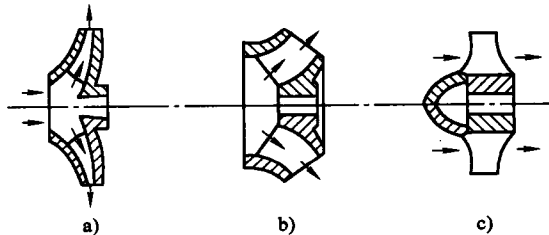


图 1-1 三种叶轮水流方向示意图

a) 离心泵叶轮 b) 混流泵叶轮 c) 轴流泵叶轮

1.1.2 容积式水泵

利用工作室容积的改变对液体挤压，增加液体的压能而工作的泵。一般有作往复运动的往复泵和作旋转运动的转子泵等。往复泵（活塞或柱塞泵）工作原理如图 1-2 所示。

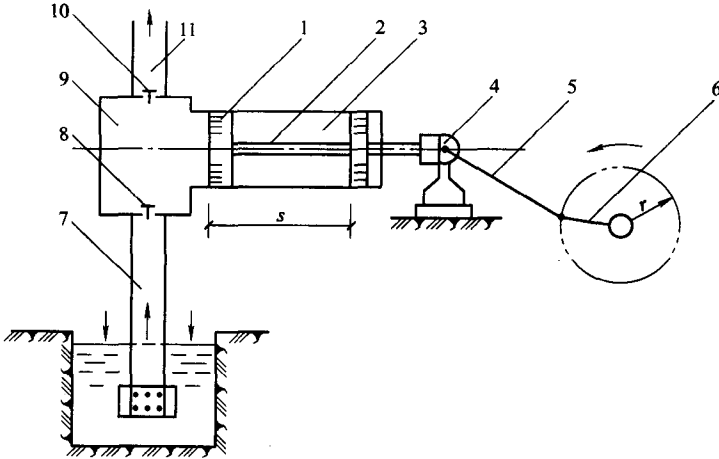


图 1-2 往复泵工作原理示意图

- 1—活塞 2—活塞杆 3—活塞缸 4—十字接头 5—连杆
6—带轮 7—进水管 8—进水阀 9—工作室 10—排水阀 11—压水管

以上各类泵的适用范围如图 1-3 所示。

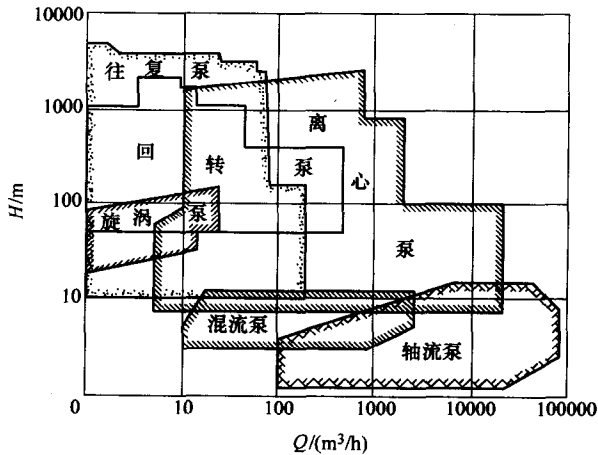


图 1-3 各种泵的适用范围

1.1.3 其他类型泵

射流泵是利用流体（液体或气体）来传递能量的泵，螺旋泵是利用螺旋推进器原理来提高液体的位能将液体提升的泵，气升泵是以压缩空气为动力来提升液体的泵，水锤泵是利用管道中产生水锤压力进行提水的泵等。

这些特殊泵在给排水工程中用来送水或药剂（混凝剂、消毒剂等）常常起到良好的效果。

1.2 水泵及水泵站的地位与作用

泵是一种通用机械，广泛地用于国民经济各部门，只要有液体流动几乎都有泵在工作，如电力、采矿、石油化工、冶金、纺织、市政工程及农林排灌等。在火电厂有高压锅炉给水泵、冷热水循环泵、水力清渣除灰高压泵；矿山中的井底排水、矿床地表疏干、水力采煤及输送等都需用水泵及水泵站来完成；石油的开采和管道输送；化工产品浆液的移送等也都需要用泵提升、增压输送。

在城市中，水的循环都是由一系列的不同功能的水泵站来完成的。在城市给水中，原水由取水泵站从水源取水送水至水厂，处理后的水由送水泵站送至城市管网中去；在城市排水中，生活污水和工业废水由污水泵站提升至净化厂，净化后的水又由水泵站提升排放，以及雨水的提升排放等。

我国以提水方式调水的大型市政工程有“引滦入津”、“引黄济青”、“东深供水”等。其中“引滦入津”工程，采用三级提水将滦河水逐级提升后自流入天津全线，共建大型泵站4座，共装大型轴流泵27台，总装机容量 2×10^4 kW。我国较早、较大的市政提水工程有上海市黄浦江引水工程，发展至今全国各地城市给水、排水泵站的规模在日益扩大，从而满足了居民生活用水与生产用水的要求。

在农业排灌工程中，沿江滨湖地区已建成了较大规模的排灌泵站系统，最大的轴流泵叶轮直径4.5m，单机流量 $60\text{m}^3/\text{s}$ ，单机容量6000kW；最大的混流泵叶轮直径5.7m，单机流量 $97.5\text{m}^3/\text{s}$ ，单机容量7000kW。在西北黄土高原，已建成了多级提水灌溉系统多处，最大的单吸单级泵的扬程225m，单机容量达8000kW。这些泵站工程有效抵御了平原地区的旱涝灾害，对旱塬地区的人畜饮水，农业的稳产、高产起到了重大的作用。

1.3 我国水泵及水泵站的现状与发展趋势

随着国民经济及工农业的发展，给水排水工程的兴建与改建规模日益扩大，泵行业在设计制造和应用技术方面也在不断提高。近年来，随着CAD优化设计、

可靠性设计和微机测试技术的推广应用,从设计开发、材料选用、加工工艺、调试、检测等生产全过程都建立了较完整的 ISO 质量认证保证体系,并不断引进国际先进技术,逐步建立了机泵网系统和实行了广泛的技术合作体系。目前,国内可以生产多种型号、规格、多品种、不同材质的多种系列泵,最大的水泵叶轮直径达 5.7m,而小型微型泵如同钮扣般大小,在材质上研制了氟塑合金泵、陶瓷泵、玻璃钢泵、无泄漏节能型的磁力驱动泵,以及体积小投资省多种材质的潜水泵。

1. 系列化、标准化程度日趋完善的同时,向专业化、特殊用泵化发展

自 1958 年以来,在统一型号系列分类定型尺寸等方面做了大量工作。自 1975 年以来,我国陆续生产了 ISO 国际标准系列泵,如 IS、IZ 等单吸离心泵;结构、性能优于老型号的 S 型双吸离心泵系列;适应排污排渍以及给水用的大中型不同材质的轴流式、离心式潜水泵,如 QZG 系列是吸收了国内外目前最优水力模型,国内高校最新科研成果研制而成的潜水给水泵系列;为了满足高层建筑给水的要求,引进了日本先进技术制造的双蜗壳单吸多级离心泵 MS 型系列;原国家经委、原机电部联合推广的节能产品 DG 型锅炉给水泵系列;适用于航空、冶金、化工、轻工、食品有关防腐、有毒、易燃、贵重液体,无泄漏节能型磁力驱动泵,抽送高压液体用的高速泵(部分流泵)正在引进与研制之中。这些不仅满足了行业的需求,填补了型号、系列上的不足,更是一批国优、部优、节能、更新换代与国际接轨的新产品。

2. 向大型化、高速化发展

大型泵具有较高的运行效率,高速泵可缩小泵的几何尺寸,需要较小的建筑空间。

我国目前生产最大的轴流泵单机容量 6000kW、混流泵 7000kW、离心泵 8000kW;高压锅炉给水泵单机容量达 60000kW;新型离心潜水泵抽送流量已达 500L/s,相应扬程 110m,最大出水量达 8m³/s。并有再扩大的趋势,抽水能力越来越大,因此出现了一批结构新的大型水泵站,如“卵”型结构泵站,进出水管、池合建泵站,无堵塞泵站。尤其是潜水泵在排污、排渍方面的推广使用,也就相应出现了一批空间小、投资省、结构新的大中型水泵站,如钢制或钢筋混凝土构筑成的湿井式泵房结构等。

大型化必然导致高速化,在 20 世纪 80 年代,国际水平的多级分段式离心泵转速 7500r/min,现已增至 10000r/min。我国目前使用的进口同类产品转速 4600r/min。高速泵(部分流泵)产品转速 3000r/min,相应的扬程 $H = 2000\text{m}$ 以上。仅此还不能完全满足高压液体的输送,因此大型化的同时必然高速化。

3. 泵站自动化水平逐步提高

我国泵站自动化装备还不够完善,技术水平还不够高,但自动化管理模式正在被人们所接受,并努力去实现。从机组启动、监视运行、停机全过程以及多级

抽水泵站系统的调节、优化调度，在逐步实现自动化的过程中计算机技术及网络系统的应用日趋广泛，管理水平也在逐步提高。

4. 待研究的课题

(1) 水泵设计、制造 力求进一步研制生产出一批效率高、工作适应性更强、吸水性能好、结构合理的新型泵。随着科技发展，泵的应用领域正在迅速扩展，根据不同国家的统计，泵的耗能一般要占全国发电总量的 1/5，可算是耗能大用户，因此提高泵的设计制造水平是节约能耗的重要方面。目前国产水泵效率还不够高，如 IS 单吸离心泵效率一般在 60% 以下，其中大泵也只有 60% ~ 80%；S 型双吸离心泵效率一般为 70% ~ 80%，其中较大的泵个别工况可达 90%。另一方面，水泵在给水处理工程使用中，水泵工况点移动的幅度很大，目前调节措施不够简便经济，若能在水泵性能上有所改进将取得重大的节能效果。

(2) 水泵选型 应进行探讨研究。目前，水泵运行装置效率偏低，除客观原因使工况点移动幅度较大外，其中主要原因之一是水泵选型依据、选型方法偏于保守，使工程设计的工况点出现几率太少，在长期运行中水泵效率低，变速调节还不普及，变阀调节又形成了较大的管路损失，使管路效率降低。

(3) 泵站的设计、运行 可靠性、经济性问题还不够重视，自动化程度不高，不够普及。

复 习 题

1. 如何定义水泵、泵装置及水泵站？
2. 按作用原理水泵分为哪几类？各类的作用原理如何？

第 2 章

叶片式水泵的构造

2.1 离心泵

2.1.1 离心泵的工作原理

离心泵工作时，液体质点在叶轮中的流动主要受到离心力的作用，在离心力作用下液体得到提升。因此，在起动前，泵和吸水管内必须充满水，叶轮转动时，水的质点在离心力的作用下甩向叶轮外缘，并汇集到泵壳内，使水获得动能与压能流向出水管。正当水流向叶轮外缘的同时，叶轮中心附近形成了真空区，而进水池水面作用着大气压力，吸水管中的水在此压力差的作用下进入叶轮。叶轮不断的旋转，水就源源不断地被甩出和吸入，形成了连续泵水。

2.1.2 离心泵的分类与基本构造

按照构造上的特点，离心泵通常分为单级单吸式、单级双吸式和多级式三种，各种又有立式与卧式之分，以卧式泵应用最广泛。

1. 单级单吸式离心泵

单级单吸式离心泵如图 2-1 所示。仅装有一个叶轮，液体从叶轮的一侧进入，泵的进水口与出水口呈 90° 夹角。泵轴的一端装有叶轮，另一端用轴承支承，受力如同是悬臂梁，故又称悬臂式离心泵，是高扬程小流量泵。构造如图 2-2 所示。

目前我国生产的单级单吸泵种类较多，性能较好的有 IS 型、IB 型、IX₁ 型系列等，如 IS65-50-160 型其各符号意义：

IS——国际标准离心泵

65——水泵进口直径 (mm)

50——水泵出口直径 (mm)

160——叶轮名义直径 (mm)

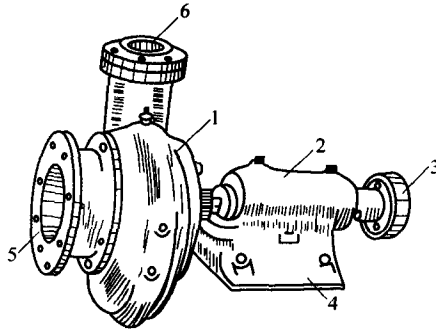


图 2-1 单级单吸式离心泵外形图

1—泵体 2—轴承盒 3—联轴器 4—泵座 5—进水口 6—出水口

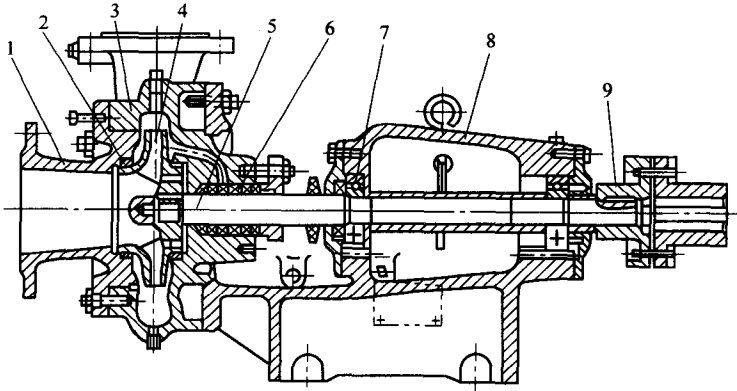


图 2-2 单级单吸式离心泵构造图

1—进口锥管 2—减漏环 3—泵壳 4—叶轮 5—泵轴
6—填料密封 7—轴承 8—轴承盒 9—联轴器

2. 单级双吸式离心泵

单级双吸式离心泵图 2-3 所示，同样，装有一个叶轮，但其叶轮相当于由两个共用后轮盘的单吸叶轮组成，液体由叶轮的两侧进入（即有两个进水口），然后汇合流入一个泵壳中，水泵的进水口和出水口在同一直线的两端，叶轮装在泵轴上由两端的轴承支承，在同样叶轮外径的情况下，比单吸泵流量可增大一倍，所以大中型离心泵多采用这种结构形式，构造如图 2-4 所示。

目前我国生产的单级双吸离心泵种类也较多，常用的有 Sh 型、SA 型系列，Sh 型的改进型有 S 型系列，如 150S78 型：

S——单级双吸卧式离心泵

150——水泵进口直径 (mm)

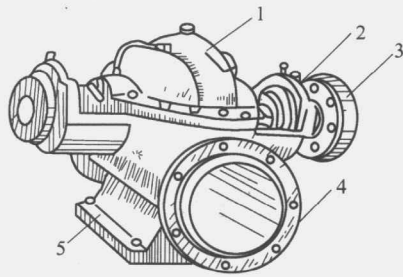


图 2-3 单级双吸式离心泵外形图

1—泵盖 2—轴承盒 3—联轴器 4—进风口 5—泵座

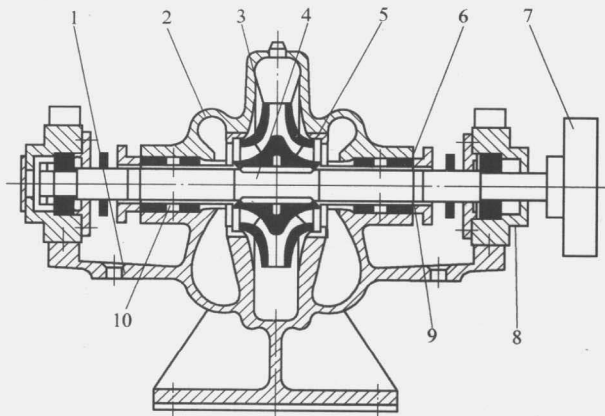


图 2-4 单级双吸式离心泵构造图

1—泵体 2—泵盖 3—叶轮 4—轴 5—减漏环

6—轴套 7—联轴器 8—轴承体 9—填料压盖 10—填料

78——水泵扬程 (mm)

3. 多级式离心泵

多级式离心泵如图 2-5 所示, 是在一根轴上串装若干个单吸叶轮, 水流从前

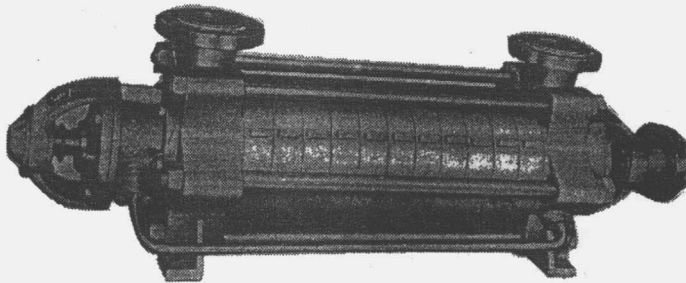


图 2-5 多级分段式离心泵外形图

一级叶轮中流出经前后导叶流至后一级叶轮的进水侧，水的能量也逐级增加，泵的扬程也是随叶轮的级数而增减，一般用于高扬程或高压泵站中，构造如图 2-6 所示。

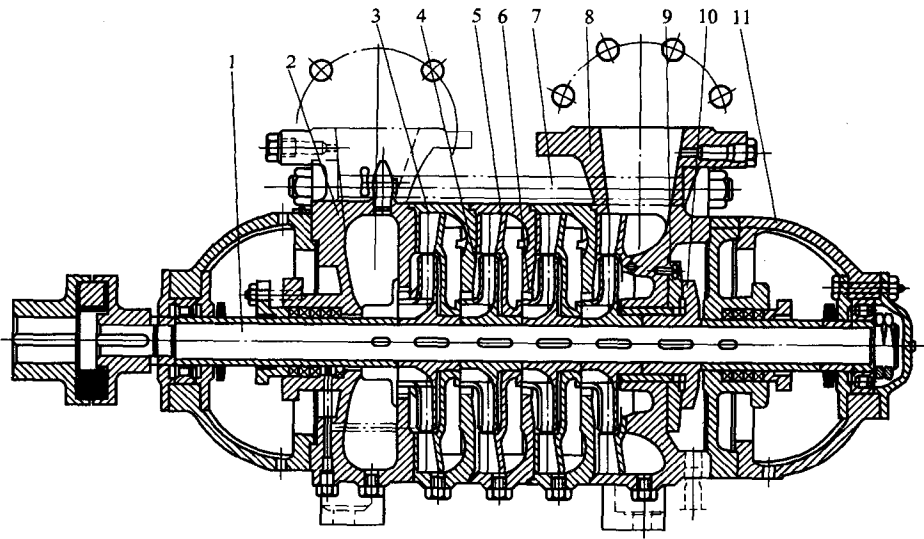


图 2-6 多级分段式离心泵构造图

- 1—轴 2—进水段 3—中段 4—叶轮 5—导叶
6—减漏环 7—螺栓 8—出水段 9—平衡环 10—平衡盘 11—轴承部件

多级泵叶轮都是单向进水，串联在泵轴上的叶轮有对称与非对称布置。若采用非对称布置，由于作用在前后轮盘上的水压差，形成了较大的轴向压力 Δp （级数越多推力越大），如图 2-7 所示。在末级叶轮安装平衡盘，平衡盘固定在泵轴上，靠作用在盘上的水压力平衡轴向推力，并用间隙 b 调节盘上压力的大小，构造如图 2-8 所示。

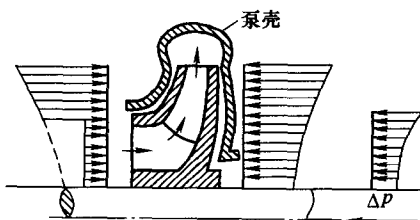


图 2-7 轴向推力图

给水工程中常用的多级离心泵有 D 型、MS 型，其中 MS 型是引进日本先进技术制造的双蜗壳单吸多级分段式离心泵，特别适用于城镇高层建筑及高级宾馆给水。D 型泵如 100D-16×5 型：

- 100——水泵进口直径 (mm)
D——单吸多级分段式离心泵

- 16——设计点单级扬程 (m)
- 5——级数 (即叶轮数)

2.1.3 离心泵的主要零件

根据零件工作的重要程度来确定, 一般有 6 个主要零件。

1. 叶轮

叶轮是水泵的重要部件, 它的形状、尺寸、加工工艺等对水泵性能有决定性的影响。它的作用是把动力机输入的能量传给水。单吸、双吸离心泵叶轮如图 2-9、图 2-10 所示。

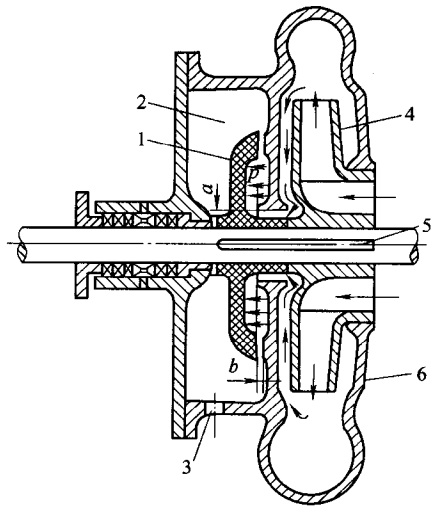


图 2-8 平衡盘平衡原理图
1—平衡盘 2—平衡室 3—通大气孔
4—泵叶轮 5—键 6—泵壳

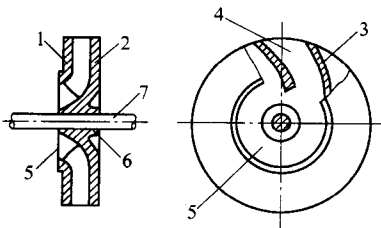


图 2-9 单吸式叶轮图
1—前轮盘 2—后轮盘 3—叶片
4—叶槽 5—吸水口 6—轮毂 7—泵轴

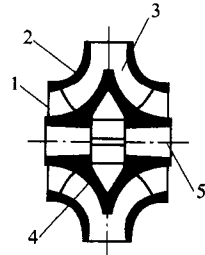


图 2-10 双吸式叶轮图
1—吸入入口 2—轮盘
3—叶片 4—轮毂 5—轴孔

离心泵叶轮有三种形式：有前后轮盘的称为封闭式，仅有后轮盘的称为半封闭式，无前后轮盘的称开敞式，如图 2-11 所示。

封闭式叶轮、轮盘间有 2~12 个后弯式叶片，具有较高的运行效率，如前述的单吸式、双吸式清水离心泵就采用了这种叶轮。其中单吸泵叶轮由于有轴向推力，因此有的叶轮在叶片的根部开有平衡孔。

半封闭式与开敞式叶轮叶片较少，一般 2~5 片，多用于抽送浆粒状液体或污水，如污水泵的叶轮。

叶轮材料要有足够的机械强度，并有一定的耐磨耐腐蚀性，目前多采用铸铁、铸钢或青铜制成。