

631

TH3

H79

高职高专给水排水工程专业系列教材

水泵 风机与站房

黄兆奎 主编

黄兆奎 刘家春 李黎武 编

刘自放 主审



A0919501

中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

水泵风机与站房/黄兆奎, 刘家春, 李黎武编.

北京: 中国建筑工业出版社

(高职高专给水排水工程专业系列教材)

ISBN 7-112-04040-X

I. 水… II. ①黄…②刘…③李… III. ①水泵-

高职高专-教材②鼓风机-高职高专-教材③水泵房-

高职高专-教材 IV. TH

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (1999) 第 56005 号

本书阐述水泵、风机与站房的有关基础知识。全书除绪论外, 共分五章, 主要内容为: 叶片式泵、风机构造及理论基础; 离心泵、风机运行原理; 给水泵站; 排水泵站; 风机站。主要介绍离心泵、风机工作原理, 基本结构, 性能参数, 运行原理, 站房工艺设计、运行与维护管理等。

本书为高等专科学校给水排水工程专业系列教材之一, 也可作为其他相关专业的教学参考书, 亦可供设计、施工、运行管理的有关工程技术人员参考。

高职高专给水排水工程专业系列教材

水泵 风机与站房

黄兆奎 主编

黄兆奎 刘家春 李黎武 编

刘自放 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: 11 ½ 字数: 277 千字

2000 年 6 月第一版 2000 年 6 月第一次印刷

印数: 1—2500 册 定价: 14.20 元

ISBN 7-112-04040-X

TU · 3163 (9447)

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)

前 言

我国的高等工程专科教育起步较晚，发展过程又较曲折。经过多年的实践与探索，特别是随着高教改革的深入，高等工程专科的“定位”问题已趋明朗。套用本科的教学模式和沿用本科教材，似乎难以为继而该另起炉灶了，于是有了这套给水排水工程专业专科系列教材。《水泵 风机与站房》是根据 1997 年 9 月全国高校给水排水专业专科指导小组沧州会议通过的《水泵 风机与站房》课程教学基本要求，按 46 学时编写的。

水泵风机与站房是很实在的客观事物，人们可以从不同角度、按照不同的理解、采用不同的表述方式来描述。本书编者试图以高等专科人才培养模式的要求、结合给水排水工程的实际、从应用的角度出发，用较为通俗的语言（或专业语言）介绍专业所必须的水泵、风机基本知识和基础理论，站房工艺设计基础知识。以适当的篇幅论及节能技术、泵房新结构及新设备，如潜水取水泵站，潜水泵、计量仪表等，以较大篇幅介绍离心泵等的安装、调试与验收、正常运行与故障处理程序等。明确提出了：水泵风机工况求解时，以系统能量平衡为基础的等值水泵、等值管路概念；为泵站选泵时，增加扬程利用率和全年权重效率两项评价指标。

参加本书编写的有湖南城市建设高等专科学校黄兆奎副教授（前言、绪论、第三章、第四章）、李黎武讲师（第一章）、河北工程技术高等专科学校刘家春副教授（第二章、第五章）。全书由黄兆奎统稿。

本书承吉林建筑工程学院罗文立副教授、长春建筑高等专科学校刘自放教授审阅了全部初稿，刘自放教授审查了全部修改稿，并提出了许多宝贵的修改意见和建议。编写过程中湖南大学余健副教授、湖南省建筑设计院杨春山高级工程师、湖南城建高等专科学校钟映恒副教授提供了许多有益的建议。杨青山高级工程师还提供了潜水取水泵站等资料。此外，还参考引用了国内一些书刊文献和手册中的资料，这里未能一一列出。编者在此一并表示真诚的谢意。

由于编者水平有限，对所论及内容的理解欠深，表述难免有不够充分和错误之处，恳请读者和同仁批评指正。

绪 论

一、水泵、风机在国民经济各领域中的地位和作用

水泵、风机广泛应用于国民经济各个领域，以致使水泵、风机发展成为通用机械而组织生产。随着现代工业的发展和社会的进步，采矿、冶金、电力、石化、交通、市政、农林等部门以及人们日常生活的诸多方面，使用多种形式的泵站、风机站，而且其规模和投资愈来愈大，在安全、经济与环境维护等方面的要求不断提高。

在市政建设中，泵站是给水排水工程必要的组成部分，是给水排水系统正常运转的枢纽。给水系统中，取水泵站从水源抽水输送到水厂，净化后的清水由送水泵站送到城市管网。排水系统中，生活污水和允许排放的工业废水经排水管渠汇集后，由排水泵站送至污水处理厂，经处理后的污水再由排水泵站（或自流）排放至水体，在污水处理厂内，用活性污泥法降解有机物时，鼓风机要用压缩空气站，沉渣的排除、新鲜污泥的抽送、活性污泥的回流均需用不同类型的泵站。除此以外，雨水的排除还需专门的雨水泵站，城市管道煤气工程中煤气的制备与输送需要水泵站与压缩煤气站。

在矿山、工业企业的生产过程中，风机站（排风、送风）、水泵站是很多生产工艺过程中必不可少的设施。使用汽轮发电机组的火电站，为保证发电机组的正常工作，需要一系列相应的水泵和风机站，如供冷凝器冷却水的循环泵站，维持冷凝器正常工作的凝水泵站，锅炉上水的给水泵站，补充新水的补水泵站，水力除灰泵站，引风机站，煤粉系统和水冷壁吹灰系统的压缩空气站等。在矿山采矿生产中，竖井的井底排水、矿床的地表水疏干、掘进斜井的初期排水、水力掘进、水力选矿等需用不同的水泵站，为保证安全生产，矿井要有专门的排风机站、送风机站。

在农田灌溉及排涝方面，泵站是作为一个独立的构筑物而服务于各项作业的。这类泵站的数量和总装机容量，在我国国民经济各领域的泵站中所占的比例最大。这些泵站在抗御旱涝灾害、保证农业生产方面，发挥了重要的作用。随着农业发展的需要，在我国的长江三角洲、江汉平原、洞庭湖区、珠江三角洲、杭嘉湖地区、苏北里下河地区等兴建了一大批大容量低扬程的排灌结合的泵站，如江都四座泵站共装机 $4.98 \times 10^4 \text{ kW}$ ，设计流量为 $400 \text{ m}^3/\text{s}$ ，抽江水输送至大运河及苏北灌溉总渠，灌溉沿线农田、排除里下河地区的内涝，同时又是南水北调工程第一级泵站的组成部分。我国高扬程、多梯级的灌溉泵站主要分布在西北高原地区，如陕西合阳县东雷引黄泵站设计流量 $60 \text{ m}^3/\text{s}$ ，分 8 个梯级，总静扬程 311m，装机总容量为 $12 \times 10^4 \text{ kW}$ 。

在跨流域调水方面，泵站是核心工程。我国人均水资源仅为世界人均水资源的 $1/4$ ，可谓贫乏，且现存的水资源分布又很不均匀。因此，人们自然会想到，不仅要节约利用水资源，还要合理地进行调度，因而有跨流域调水工程的逐步发展。已建成比较著名的如引滦入津工程，全长 234km，共修建了 3 级泵站 4 座，分别采用了叶片可调的大型轴流泵（27 台）和高压离心泵，总装机容量为 $2 \times 10^4 \text{ kW}$ ，全年引水量 10 多亿 m^3 。南水北调工程经全

面论证后正式启动。东线第一期工程输水干线长 646km, 新建和扩建泵站 20 座, 抽江水 $500\text{m}^3/\text{s}$, 除满足居民及航运用水外, 对农业以提高灌溉保证率为主。第二期工程抽水 $700\text{m}^3/\text{s}$, 全线共有 37 座大型泵站, 总装机容量 $80 \times 10^4\text{kW}$, 输水干线总长 1150km。1997 年长江三峡的截流成功, 标志着南水北调西线工程的正式启动。

二、水泵、风机分类与发展趋势

水泵、风机是一种将原动机的机械能转换为流体势能和动能的换能装置, 因而又统称为流体机械。它们广泛应用于国民经济各个部门, 因而型号和规格很多, 分类方法也不尽相同。

1. 水泵种类

按工作原理的不同, 水泵可分为三类:

(1) 叶片式泵。这类泵利用高速旋转的叶轮上的叶片与流体发生力的相互作用, 完成能量的转换以实现液体的抽送。属于这一类的泵有离心泵、轴流泵和混流泵。叶片式泵具有效率高、启动方便、工作稳定、性能可靠、容易调节等优点, 用途最为广泛。

(2) 容积式泵。它是靠泵体工作室容积的周期性改变, 对液体产生抽吸和挤压作用, 从而完成对液体的输送。如, 利用活塞在泵缸内作往复运动的往复泵, 类似的有柱塞泵、隔膜泵; 利用转子作回转运动的转子泵、齿轮泵、刮片泵、罗茨泵等。

(3) 其它类型泵。指上述两类水泵以外的其它泵。如利用螺旋推进原理工作的螺旋泵, 利用高速流体工作的射流泵和气升泵, 利用有压管道水击原理工作的水锤泵等。

图 0-1 为几种常用水泵的总型谱图。由图可知: 往复泵的适用范围侧重于高扬程(出口扬程理论上不受限制)、小流量, 常用于系统(或容器)试压、高压系统补充新水、药剂的投加及其计量等; 叶片式泵的适用范围很宽, 且性能差异也很大, 有利于用户选用。轴流泵和混流泵的适用范围侧重于低扬程、大流量, 常用于城市雨、污水排水, 农业的排灌; 离心泵的适用范围介于往复泵与轴流泵之间, 常用于城市给水排水等工程。

2. 风机分类

按作用原理风机可分为两类:

(1) 叶片(透平)式风机。它靠叶轮的高速旋转, 提高气体的压力和速度, 随后在固定元件内使一部分动能进一步转换为压能, 完成气体输送。属于这类的风机有离心式风机、轴流式风机和混流式风机。

(2) 容积式风机。它靠周期性改变工作室容积, 使气体体积减小而提高压力, 完成对气体的输送。工作室容积的改变有往复和回转两种方式。属于往复式的有活塞式、自由活塞式、隔膜式风机; 属于回转式的有滑片式、螺杆式、罗茨式风机。

若按风机能达到的压力可区分为三类: 通风机(排气压力 $p_d < 14.7\text{kPa}$)、鼓风机($14.7\text{kPa} < p_d < 196\text{kPa}$)、压缩机($0.196\text{MPa} < p_d < 98\text{MPa}$)。图 0-2 为各种风机的压力与排气量(Q_{sv})范围。由图可见: 通风机、鼓风机的适用范围侧重于低压头、大排气量, 常用于泵房的散热通风和工艺需要时的鼓风曝气。

3. 发展趋势

目前世界各国的水泵风机与站房发展的趋势和特点有以下几个方面:

(1) 大型化、大容量化。一般而言, 大容量机组可以取得高效率, 因而这种发展趋势很明显。如国外为 $130 \times 10^4\text{kW}$ 汽轮发电机组(单机)配套的锅炉给水泵, 功率达到 $5 \times$

10⁴kW。城市给水工程的单级双吸离心泵单机功率达 5500kW，巨型轴流泵的叶轮直径达 7m。潜水泵直径已达 1.6m。泵站的抽水能力愈来愈大，如我国江都四站，设计流量 210m³/s，装机容量 2.1×10⁴kW；前苏联卡霍夫卡渠首抽水泵站设计流量 530m³/s，装机容量 16.8×10⁴kW；美国哥伦比亚河大古力水库泵站设计流量 460m³/s，设计装机容量 58×10⁴kW；日本新芝川排水泵站设计流量 200m³/s，装机容量 1.8×10⁴kW。

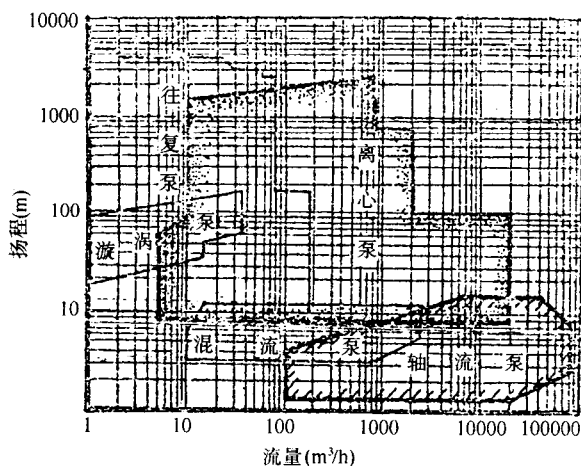


图 0-1 常用几种水泵的总型谱图

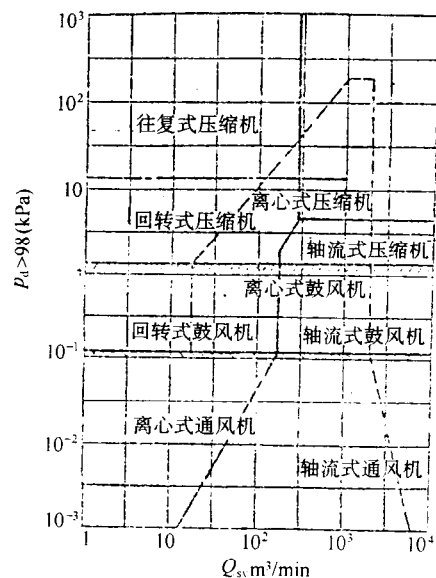


图 0-2 各种形式压缩机的压力和气量范围

(2) 高速化、高扬程化。目前，锅炉给水泵的单级扬程已有突破 1000m 大关的记录。要进一步实现高扬程化，势必要提高水泵转数。提高水泵转数主要受泵体与叶轮的材料限制。随着现代计算技术和科学技术的进步，优化水泵设计，提高材料的耐汽蚀性能和强度，进一步向高速化方向发展是有可能的。

(3) 系列化、标准化、通用化。产品的三化是用户对产品的要求，也是对现代工业生产的必然要求。在实现三化方面，我国在工业基础薄弱的条件下，经不懈努力建立了自己的三化体系，三化程度不断提高，并且有部分产品已与国际接轨，如我国已按国际标准化协会制订的 ISO 2858—1975E 标准设计与生产单级单吸离心泵，其产品在西欧市场上可作为标准水泵出售。

(4) 自动化与节能。从机组的启动、运行监督、停机、流量压力调节，至整个泵站全过程的自动化已被多数厂家接受与采用。计算机在管理中的应用也愈来愈普遍。发展的结果，不仅节约了人力、时间，提高了运行的安全性，而且采用调速机组后扩大了水泵高效工作范围、减小了扬程浪费，节电效果十分明显。管路中取消普通止回阀代以微阻缓闭止回阀或液控蝶阀，也有良好的节能效果。

(5) 泵房结构创新。由于大容量中低扬程给水潜水泵和潜水轴流泵的出现，泵房结构已有很大的创新，出现了露天取水泵站、露天排水泵站。这种潜水泵房，不需要过多的地面建筑，地下构筑物也大为简化，自动化程度大为提高，水泵的安装和维修也较为方便。因

而既节省了土建投资(与同规模的非潜水泵房相比节约可达40%~60%)、又能降低运行费用(30%~40%)。

随着设计理论、现代计算与模拟试验技术、测试手段等的改进,材料性能的提高,加工工艺的革新,可以预见水泵风机单机的性能、站房流量调节的性能会得到进一步的提高,站房的结构形式会得到进一步发展与创新。

第一章 叶片式泵 风机构造及理论基础

叶片式水泵、风机在水泵、风机中是最常用的一类，其工作原理都是依靠叶轮的高速旋转来完成能量的转换。由于叶轮中叶片的几何形状不同，使得旋转时流体通过叶轮所受到的力的作用方式不同，流体流出叶轮时的方向也有所不同，因而叶片式水泵、风机按叶轮中的叶片形状和构造可简单分类如下：

叶片式水泵、风机 { 离心泵、风机
 混流泵、风机
 轴流泵、风机

第一节 离心泵 风机工作原理

由水力学中可知，当盛有水的敞口圆筒绕中心轴作等角速度旋转时，圆筒内的水面在离心力的作用下便形成了母线为抛物线的旋转抛物面。当坐标原点置于抛物面最低点时，与原点相距 r ($Z=\text{Const}$) 的 i 点的静水压强为 $p_c = p_a + \frac{\rho\omega^2 r^2}{2} = p_a + \gamma h$ 。由此可以看出，圆筒半径越大，旋转速度越快，液体沿圆筒上升的高度就越大。离心泵、风机就是基于这一原理来工作的。图 1-1 为简单的水泵装置示意图。当叶轮随泵轴旋转时，叶片间（叶槽）的水随叶轮旋转而受到离心力的作用，并使水体从叶槽的出口处被甩出，有如下雨天打伞，将雨伞旋转时，伞上的雨水被甩出一样。被甩出的水挤入泵壳压水室。由于叶轮作功而使水体得到能量，于是泵壳中的压强增高，最后被导向出口排出。水体被甩出后，叶轮入口处及吸水室的压强降低，吸水池的水在大气压强的作用下通过吸水管进入水泵的吸水室、叶轮入口处，又被叶轮甩出。如此，水泵源源不断地输送流体。

通过上面的讨论和进一步分析，不难理解：

- (1) 离心泵一般没有自吸能力；
- (2) 离心泵、风机要能连续抽升流体，必须有三个基本部件：叶轮、泵（风机）轴、泵（风机）壳；
- (3) 离心泵、风机作为能量的转换机械，工作过程中必然伴有能量损失。

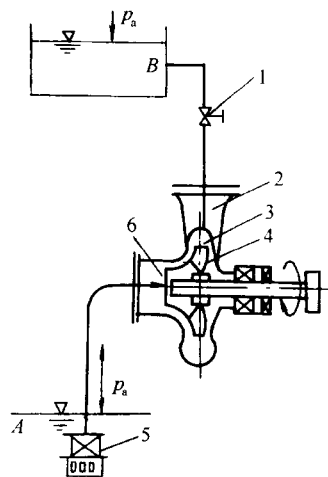


图 1-1 泵工作的装置简图

1—调节阀；2—排出短管；3—压水室；
4—叶轮；5—底阀；6—吸水室

第二节 离心泵 风机的主要零部件

一、离心泵的主要零部件

离心水泵是由许多零件组成的,如图 1-2 所示的单级单吸卧式离心泵的结构图。离心泵的主要零件按转动关系分成三部分,如表 1-1 所列。

离心泵的主要零件

表 1-1

部 分	主 要 零 件
转动部分	叶轮、泵轴
固定部分	泵壳、泵座
交接部分	1. 泵轴与泵壳之间的轴封装置即填料盒 2. 叶轮外缘与泵壳内壁接缝处的减漏装置即减漏环 3. 泵轴与泵座之间的连接装置,即轴承座 4. 泵轴与原动机轴的连接装置,即联轴器

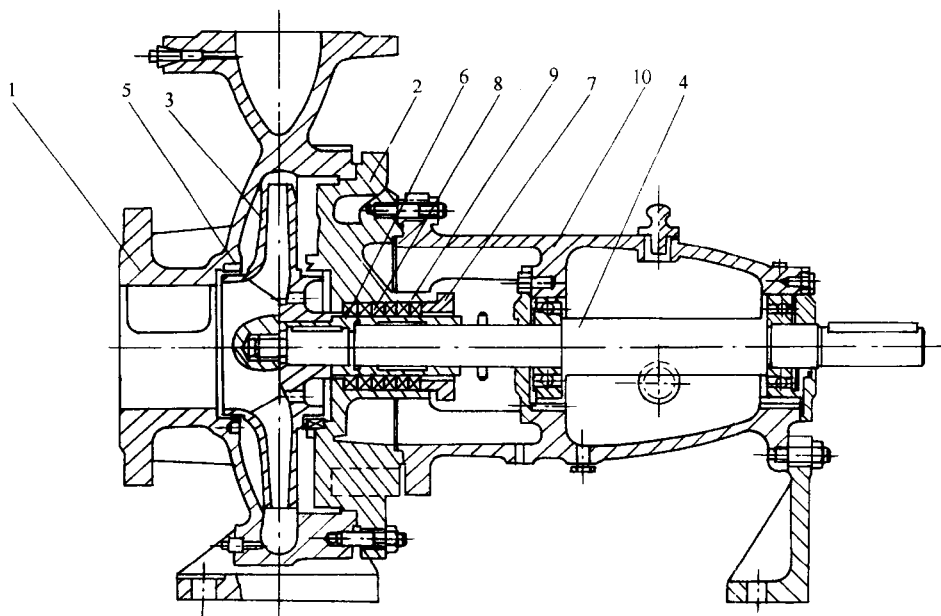


图 1-2 离心泵的构造剖面图

1—泵体; 2—泵盖; 3—叶轮; 4—轴; 5—减漏环; 6—轴套; 7—填料压盖; 8—填料环;
9—填料; 10—悬架轴承部件

目前离心泵的类型繁多,但其工作原理相同,因而它们的主要零部件的作用、材料和组成基本相同。现分别介绍如下:

1. 叶轮(又称工作轮)

叶轮是离心泵的主要零件。选择叶轮材料时不仅要考虑它的机械强度,还要考虑它的耐磨蚀和耐腐蚀性能。目前叶轮材料多数采用铸铁、铸钢和青铜,也有采用不锈钢、塑料和陶瓷的。

叶轮按其吸水方式可分为单吸式叶轮与双吸式叶轮两种。单吸式叶轮为单边吸水，如图 1-3 所示。叶轮的前盖板与后盖板呈不对称状。双吸式叶轮两边吸水，如图 1-4 所示，叶轮盖板呈对称状。多用于大中流量的离心泵。

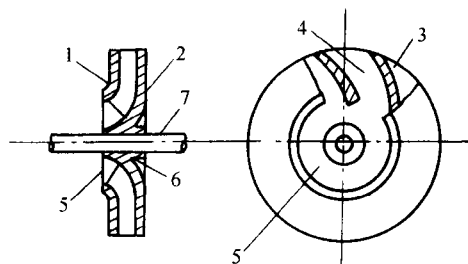


图 1-3 单吸式叶轮

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

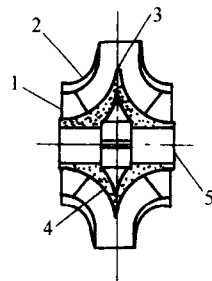


图 1-4 双吸式叶轮

1—吸入口；2—轮盖；3—叶片；
4—轮毂；5—轴孔

叶轮依其盖板覆盖情况可分为开式、半开式和封闭式叶轮三种（如图 1-5 所示）。开式叶轮没有盖板只有叶片；半开式叶轮只设后盖板。开式和半开式叶轮一般为 2~5 片叶片。这两种叶轮多用于抽升含有悬浮物污水的污水泵中。闭式叶轮既有前盖板也有后盖板，叶片一般为 6~8 片，最多为 12 片。

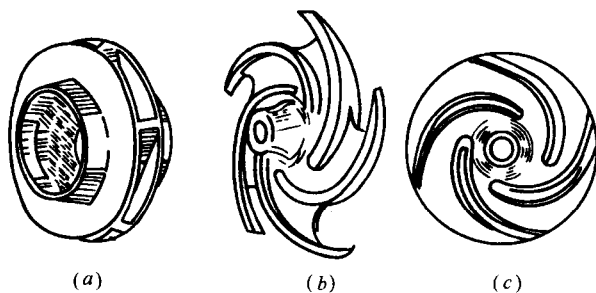


图 1-5 叶轮形式

(a) 封闭式叶轮；(b) 开式叶轮；(c) 半开式叶轮

对于单吸泵，叶轮是用键和叶轮锁紧螺母固定在轴端的。装配时先将键放在轴的键槽中，再用木榔头敲打叶轮将它装在轴上，然后装止退垫圈，拧紧叶轮螺母，并将止退垫圈一边撬起来贴紧于叶轮螺母的侧面，以防退扣。拆卸时，先打平贴在叶轮上的止退垫圈，用专用扳手拧下叶轮螺母即可（注意拧的方向应与水泵工作时的叶轮旋向相同）。而对于双吸泵，转子装配时先在泵轴中间键槽内插上键，然后压入双吸叶轮，再套上轴套。拆卸时先拆下泵轴两端的轴承体压盖，即可将整个转子拆下。

2. 泵轴

泵轴是用来旋转叶轮并传递扭矩的。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。叶轮和轴用键联结，但这种联结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固定通常用轴套和并紧轴套的螺母来实现。

由于采用锁紧螺母式锁紧轴套对叶轮进行轴向固定，为防退扣规定了水泵的转向（标

在泵壳上), 因而初装水泵或解体检修后的水泵按规定要试转向。如与规定转向不符时, 应掉换电源相序而予以更正。

3. 轴承与轴承座

轴承座是用来支承轴承的。轴承装在轴承座内作为转动体的支撑件。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, 其结构基本相同, 一般荷载大的采用后者。依荷载特性滚动轴承又分为只承受径向荷载的径向式轴承, 只承受轴向荷载的止推轴承, 以及同时支承径向和轴向荷载的径向止推轴承, 如图 1-6 所示。

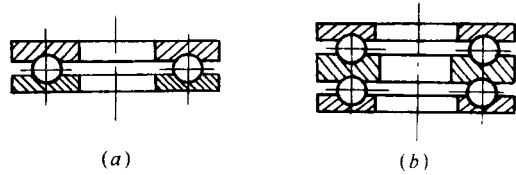


图 1-6 止推轴承

(a) 单排滚珠止推轴承; (b) 双排滚珠止推轴承

大、中型水泵 (一般泵轴直径大于 75mm) 常采用青铜或铸铁制造分成两半的金属滑动轴瓦, 巴氏合金衬里, 用油进行润滑和冷却的滑动轴承。也有石墨等材料制成的滑动轴承, 可用水润滑和冷却。

轴承座构造如图 1-7 所示。轴承座的润滑和冷却需设置润滑油系统和润滑油冷却系统。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发时才用。这时冷却水套上另外接冷却水管。油杯孔是用于加润滑油的, 油杯内设油位标尺, 可测定油量并判断油量的适宜程度。

轴承的安装要注意到轴承与轴是紧配合的。装配前应先将轴承放在机油中加热到 120°C 左右, 轴承受热膨胀后, 再套在轴上。轴承的拆卸一般要用专用工具。

4. 联轴器

联轴器是用来联结水泵轴和电机轴的部件, 又称靠背轮, 有刚性和挠性两种。刚性联轴器实际上就是两个圆法兰盘的螺栓连接, 它对泵轴与电机轴的不同心无调节余地, 当泵轴与电机轴偏心时, 可能会加剧机组的振动; 挠性联轴器是用带有橡胶圈的钢柱销联接, 如图 1-8 所示。它能在一定范围内调节水泵轴与电机轴的不同心度, 从而减小转动时因机轴少

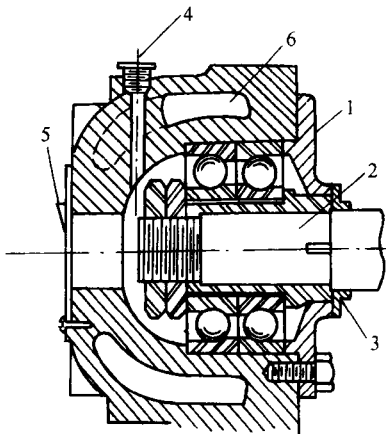


图 1-7 轴承座构造

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

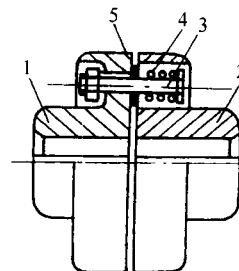


图 1-8 挠性联轴器

1—泵侧联轴器; 2—电机侧联轴器; 3—柱销;
4—弹性圈; 5—挡圈

量偏心而引起的轴周期性弯曲应力和振动。运行中要检查挠性联轴器橡胶圈的完好情况,以免发生由于弹性橡胶圈磨损后未能及时换上,致使钢柱销与圆盘孔直接发生摩擦,把孔磨成椭圆或失圆现象。挠性联轴器常用于大、中型水泵中。

5. 泵壳

离心泵泵壳的作用是承压和形成过流通道,其过流部分要求有良好的水力条件,通常铸成蜗壳形。蜗壳的过水截面沿水流方向是渐扩的,这样在叶轮工作时,沿流向虽然流量增加但水流速度保持一常数,可以减小泵内的水头损失。泵壳顶上设有充水和放气的螺孔,以便在泵启动前用来灌泵和排出泵壳内的空气。泵壳底部设有泄水螺孔,当泵停车检修时用来放空泵内积水。泵壳材料的选择,除了考虑介质对过流部分的腐蚀和磨蚀以外,还应使壳体具有作为耐压容器的足够的机械强度。

6. 泵座

泵座上有收集轴封滴水的水槽,轴向的水槽槽底设有泄水螺孔,以便随时排出由填料盒内渗出的水。

7. 轴封装置

泵轴穿出泵壳处,泵轴和泵壳之间存在间隙(转动所必须的),间隙就是泄漏通道。为保证水泵的正常工作或提高水泵的效率,必须在此处设置轴封装置。轴封装置的型式有多种,如机械式迷宫型、填料压盖型,水泵行业常采用填料压盖型的填料盒。

填料盒由五个零件组成,即由轴封套,填料、水封环、水封管、压盖(包括调整螺母)组成,装配示意如图 1-9 所示。

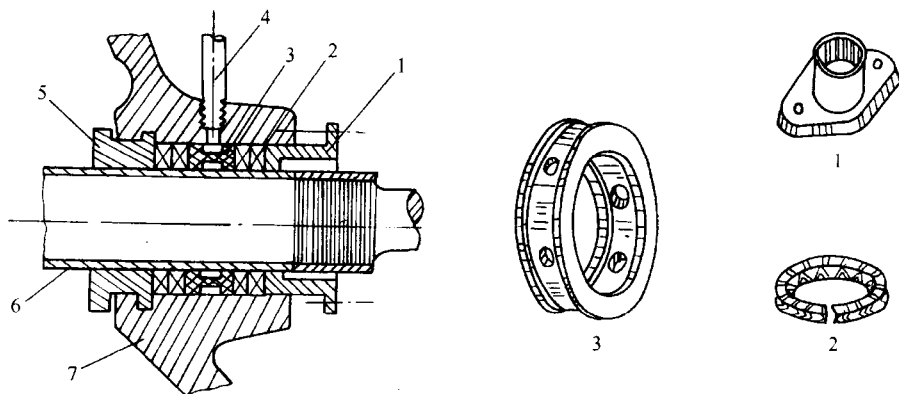


图 1-9 填料盒组装示意图

1—压盖; 2—填料; 3—水封环; 4—水封管; 5—轴封套; 6—衬套; 7—泵壳

填料俗称盘根,它是阻水或阻气的主要零件。常用材料为浸油或浸石墨的矩形断面石棉绳。近年来新开发的填料有碳纤维、不锈钢纤维、合成树脂纤维编制的绳子,它们有的耐高温、有的耐磨、有的耐腐蚀。要注意的是石棉绳的剪切与填装要有利于密封。

水封环为一金属圆环,外形如图 1-9 所示。水封水通过水封管进入水封环,经小孔沿轴表面均匀布水。这是一股压力水,其作用有三:一是填料的辅助密封介质;一是对填料盒和轴进行冷却;一是对填料盒与泵轴组成的运动副进行润滑。

轴封的作用,对单吸泵是阻水,即减少水泵压水区的高压水外泄;对双吸泵是阻气,即

阻止外界气体进入吸水室，维持吸水室所需要的真空。

轴封的调整是通过作用于压盖上的调节螺母实现的。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、功率损失也大。压得过紧，可能造成“抱轴”现象，产生严重的发热与磨损。一般以水呈滴状渗出为宜。

水泵运行时，要注意检查轴封装置的滴水情况并进行调整，当填料失效后应进行更换。

8. 减漏环

减漏环俗称口环，又称承磨环。

叶轮吸入口的外缘与泵壳内壁的接缝处存在一个转动间隙，此处正好是泵内高、低压水的交界处，经此通道会形成泵内的循环水流（回流），回流回路可见图 1-12。循环水流对出口的高压水而言，是一种容积损失，直接降低了水泵的效率；同时回流破坏了泵内水流的流线，产生冲击损失，水头损失增加，将导致水泵效率的进一步降低。为提高水泵的效率，必须减少水泵压水区向吸水区的回流量。

由水力学可知，在作用水头不变的条件下，要减小通道流量，可采取增大通道阻力的办法实现。一般在水泵构造上采用两种增加通道阻力的办法：一是减小转动间隙。水泵设计与制造中此间隙控制在 $0.1 \sim 0.5 \text{ mm}$ ；一是在接缝处加装机械装置，增加通道阻力，增设的机械装置称口环，镶嵌在泵壳内壁的称单环型，在泵壳内壁和叶轮吸入口外缘同时镶嵌的称双环型，示意图图 1-10。由于加工、安装、轴向推力等因素，使接缝处因间隙小而发生磨损，加装的口环既增大了回流阻力，又能承磨。即口环兼有两种功能，提高水泵的效率，延长叶轮和泵壳的使用寿命。

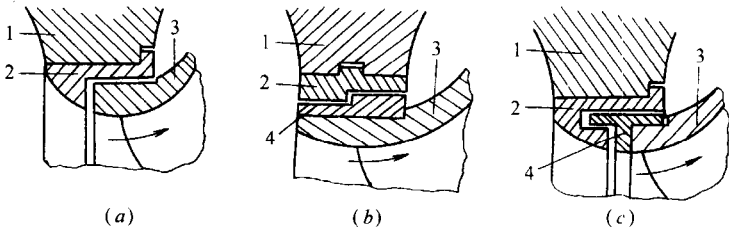


图 1-10 减漏环

(a) 单环型；(b) 双环型；(c) 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

水泵运行过程中应监视减漏环的磨损情况，发现磨损后应及时更换。

9. 轴向推力平衡措施

单吸式离心泵，由于叶轮盖板不具对称性，工作时作用于前后盖板上的压力 p 不相等，结果作用于叶轮上有一个推向吸入端的轴向推力 Δp ，如图 1-11 所示。这种轴向推力对多级单吸式离心泵而言，数值相当大。卧式离心泵一般不采用使结构复杂化的推力轴承平衡轴向推力，多采用平衡轴向推力的其它措施。

对单级单吸式离心泵，一般在叶轮后盖板上钻开“平衡孔”，并在后盖板上加装减漏环，如图 1-12a 所示。

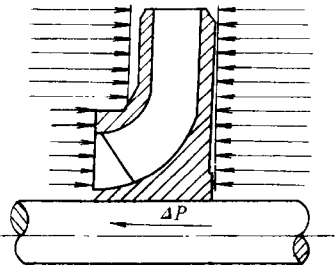


图 1-11 轴向推力

开孔位置接近轮毂且要尽可能对称,开孔面积及个数应由实验决定,开孔后应做叶轮的静、动平衡试验。为配合开平衡孔加装的减漏环,其目的是增加回流通道阻力,降低开孔区水压。用这种办法平衡轴向推力会使水泵效率有所降低,但简单易行,仍被广泛采用。

对多级式离心泵,为平衡轴向推力,一般在最后一级装设推力平衡盘,其结构示意图见图 1-12b。

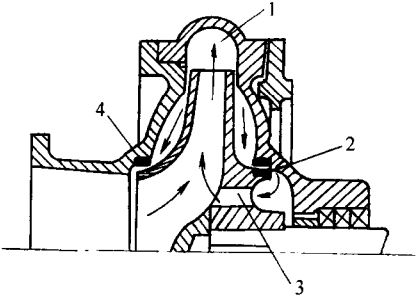


图 1-12a 平衡孔

1—排出压力; 2—加装的减漏环; 3—平衡孔;
4—泵壳上的减漏环

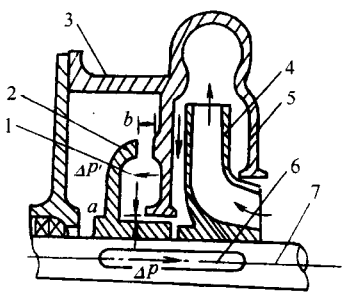


图 1-12b 推力平衡盘示意

1—平衡室; 2—平衡盘; 3—通大气孔;
4—叶轮; 5—泵壳; 6—键; 7—泵轴

平衡盘用键与轴联结,盘、轴、叶轮可视为一“固联体”,随轴一起转动。从下面的分析中,将会知道水泵运行时,平衡推力过程中泵轴作有限的(允许的)左右窜动。

轴隙(盘的径向间隙) a ,是一个固定间隙,使漏泄通道造成一定的水头损失。盘隙 b ,不是固定间隙,主要是控制泄漏量,维持平衡室内有一定的压强 p ,从而使平衡盘上有一定大小的作用力 $\Delta p'$ 。

设泵状态是平衡的,即轴向推力 Δp 等于盘上的作用力 $\Delta p'$,盘隙 b 有一定的大小。当工况变化使轴向推力 Δp 增大时, $\Delta p'$ 自动增大与 Δp 平衡的过程如下: $\Delta p \uparrow \rightarrow$ 轴向吸入端窜动 $\rightarrow b \downarrow \rightarrow \Delta p' \uparrow$,直到 $\Delta p' = \Delta p$ 为止。此时,盘隙 b 取一个新值,盘、轴、叶轮处于一个新的平衡位置;当工况变化使 Δp 减小时,则会出现与上述相反的调节过程。

推力平衡盘能自动平衡轴向推力。自然,水泵设计工作者要对轴隙 a 、盘隙 b 、盘面积 A 、轴向窜动量 δ 进行严格的水力计算,并要去掉限制泵轴窜动的止推轴承。

二、离心式风机的主要零部件

离心式风机根据其增压大小,可分类为:

- (1) 低压风机: 增压值小于 1000Pa;
- (2) 中压风机: 增压值为 1000 ~ 3000Pa;
- (3) 高压风机: 增压值大于 3000Pa。

低压和中压风机多用于通风换气(如用于一些埋深较大的取水泵站进行散热和换气),排尘系统和空气调节系统。高压风机一般用于强制通风。根据用途不同,风机各部件的具体构造有许多差别。离心式风机的整机构造如图 1-13 所示,对其

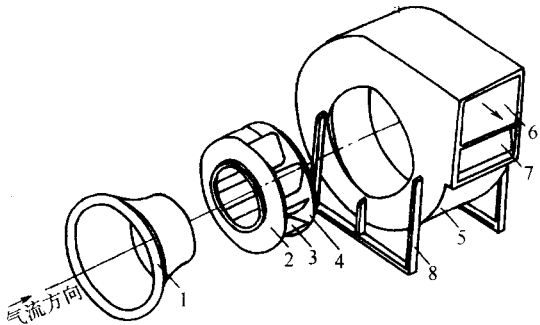


图 1-13 离心式风机主要结构分解示意图

1—吸入口; 2—叶轮前盘; 3—叶片; 4—后盘; 5—机壳;
6—出口; 7—截流板, 即风舌; 8—支架

主要零部件分别介绍如下：

1. 吸入口

吸入口可分为圆筒式、锥筒式和曲线式数种，如图 1-14 所示。吸入口有集气的作用，可以直接在大气中采气，使气流以最顺畅的流线均匀流入机内。某些风机的吸入口与吸气管用法兰直接连接。

2. 叶轮

叶轮由叶片、前盘、后盘和轮毂等组成。其构造与离心式水泵的叶轮的构造基本相同，叶片也有前弯、径向和后弯三种类型。叶片除有由钢板压制的外，还有空气动力性能较好的机翼形叶片。防爆风机的叶片由有色金属制成，防腐风机的叶片以塑料制成。

3. 机壳

低压与中压离心式风机的机壳一般是阿基米德螺旋线状。它的作用是收集来自叶轮的气体，并将部分动压转换成静压，最后将气体导向出口。机壳的出口方向一般是固定的，但新型风机的机壳能在一定的范围内转动，以适应用户对出口方向的不同要求。

4. 支承和传动方式

我国离心式风机的支承与传动方式已经定型，共分 A、B、C、D、E 和 F 等 6 种形式，如图 1-15 所示及表 1-2 所列。

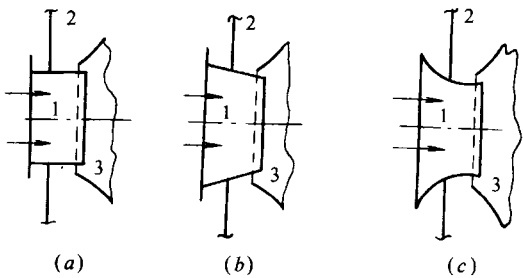


图 1-14 离心式风机的吸入口
(a) 圆筒式；(b) 锥筒式；(c) 曲线式
1—吸入口；2—机壳；3—叶轮

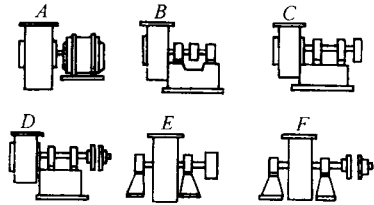


图 1-15 离心式风机 6 种传动方式

离心式风机的 6 种传动方式及其字母代码

表 1-2

代号	A	B	C	D	E	F
传动方式	无轴承电机直接传动	悬臂支承，皮带在轴承中间	悬臂支承皮带轮在轴承外侧	悬臂支承，联轴器传动	双支承，皮带轮在外侧	双支承，联轴器传动

第三节 轴流泵 风机的工作原理及主要零部件

一、轴流泵、风机的工作原理

轴流泵、风机的工作原理是以空气动力学中机翼的升力理论为基础的。其叶片与机翼具有相似的截面形状，一般称这类形状的叶片为翼型叶片，如图 1-16 所示。在风洞中对翼型叶片进行的绕流试验表明：当流体绕过翼型时，在翼型的首端 A 点处分离成为两股流，它

们分别经过翼型叶片的上表面（即轴流泵、风机叶片的工作面）和下表面（轴流泵、风机的叶片背面），然后，同时在翼型尾端 B 点汇合。由于沿翼型叶片下表面的路程要比沿上表面路程要长一些，因此，流体沿翼型下表面的流速要比沿翼型上表面流速大，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 。根据牛顿作用力与反作用力定律，翼型叶片对于流体也将产生一个反作用力 P' ， P' 作用于流体上，大小与 P 相等，方向向上。

图 1-17 为立式轴流泵、风机的工作示意图。具有翼型断面的叶片，在流体中作高速旋转时，相当于流体相对于叶片产生急速的绕流，如上所述，叶片对水将施加力 P' ，在此力作用下流体的能量增加，可被提升到一定的高度。

二、轴流泵的主要零部件

轴流泵的外形很像一根弯管，泵壳直径与吸水口直径差不多，既可以垂直安装（立式）、水平安装（卧式），也可以倾斜安装（斜式），但它们的基本部件相同。现以立式半调节式轴流泵（如图 1-18 所示）为例介绍如下：

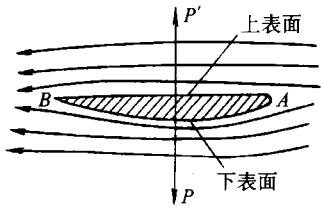


图 1-16 翼型绕流

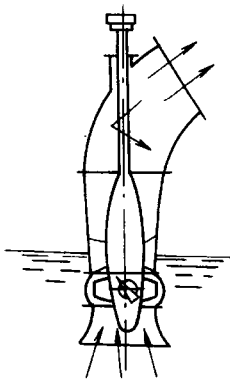


图 1-17 立式轴流泵、风机的工作示意

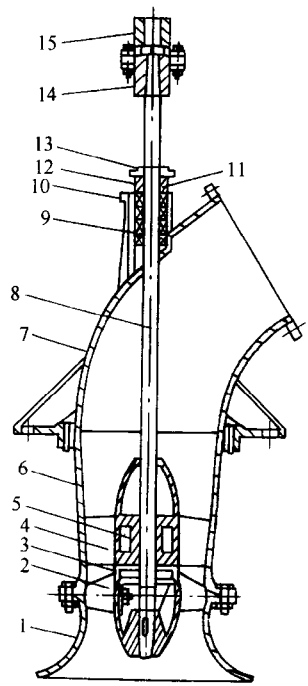


图 1-18 立式半调节式轴流泵结构图

- 1—吸入管；2—叶片；3—轮毂体；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—填料盒；13—压盖；14—泵联轴器；15—电动机联轴器

1. 吸入管

为了改善吸入口处的水力条件。一般采用流线型的喇叭管。

2. 叶轮

叶轮是轴流泵的主要工作部件。从叶片泵基本方程式可知，叶片的形状和安装角度直接影响到泵的性能。叶轮按叶片安装角度调节的可能性，可以分为固定式、半调式和全调式 3 种。

固定式叶轮叶片和轮毂体铸成一体，叶片的安装角度不能调节。半调式轴流泵其叶片是用螺母拴紧在轮毂体上的，在叶片的根部上刻有基准线，而在轮毂体上刻有几根相应的安装角的位置线，如图 1-19 中的 -4° ， -2° ， 0° ， $+2^\circ$ ， $+4^\circ$ 线。叶片不同的安装角，其相应的性能曲线将不同。根据工况要求可以把叶片安装在某角度位置上。使用过程中，如果工况发生变化需要进行调节时，应停机把叶轮卸下来，将螺母松开转动叶片，使叶片的基准线对准轮毂上某一要求的角度线，然后再把螺母拧紧，装好叶轮即可。全调式轴流泵是在停机或不停机的情况下，通过一套油压调节机构来改变叶片的安装角，从而改变其性能，以满足使用要求。这种全调式轴流泵的调节机构比较复杂，对检修维护的技术要求较高，一般应用于大型轴流泵。

3. 导叶

在轴流泵中，液体运动类似螺旋运动，即液体除了轴向运动外，还有旋转运动。导叶是在导叶管上固定不动的，一般为 3~6 片。水流经过导叶时旋转运动受限制而作直线运动，旋转运动的动能转变为压力能。因此，导叶的作用是把叶轮中向上流出的水流旋转运动变为轴向运动，减少水头损失。

4. 轴与轴承

轴流泵泵轴的作用是把扭矩传递给工作叶轮。在大型全调式轴流泵中，为了在泵轴中布置调节、操作机构，常常把泵轴做成空心轴，里面安装动力油和回油油管，用来操作液压调节机构，以改变叶片的安装角。

轴承在轴流泵中按其功能有两种：1) 导轴承（如图 1-18 中 5 和 9，即上、下导轴承）。主要是用来承受径向力，起径向定位作用。2) 推力轴承，安装在电机机座上（图 1-19 中未示出）。在立式轴流泵（离心泵）中，其主要作用是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子的轴向位置，并将这些推力通过电机机座传到电机基础上去。

5. 轴封装置

轴流泵出水弯管的轴孔处，为了防止压力水泄漏，需要设置轴封装置。目前，一般仍用压盖填料型的填料盒。

三、轴流风机的主要零部件

图 1-20 所示为轴流风机的结构示意图，由图可知风机的主要零部件有：

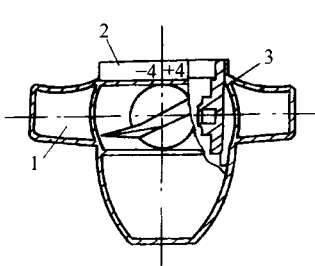


图 1-19 半调式叶片

1—叶片；2—轮毂体；3—调节螺母

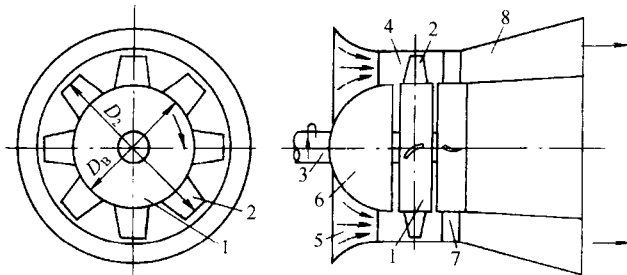


图 1-20 轴流通风机结构示意图

1—叶轮；2—叶片；3—轴；4—机壳；5—集流器；
6—流线体；7—后整流器；8—扩散器