

789517

5811

13121; 2.2

高等学校教材

水泵及水泵站

(第二版)

武汉水利电力学院 刘竹溪 编

1

21; 2.2

水利电力出版社

高等学校教材

水泵及水泵站

(第二版)

武汉水利电力学院 刘竹溪 编

水利电力出版社

内 容 提 要

本书为高等学校农田水利工程专业的通用教材，也可供水利工程技术人员参考。

全书共分十三章。其中一至六章分别论述了叶片泵的类型、构造、原理、性能，工况确定及调节，安装高程的确定等内容；七至十三章分别论述了泵站规划，主、辅机组和设备的选型配套，泵站建筑物设计以及运行管理等内容。

高等学校教材
水泵及水泵站
(第二版)

武汉水利电力学院 刘竹溪 编

*

水利电力出版社出版

(北京三里河路6号)

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

水利电力出版社印刷厂印刷

*

787×1092毫米 16开本 14.25印张 318千字

1981年2月第一版 1984年6月新一版

1986年10月第二版 1986年10月北京第三次印刷

印数14371—24300册 定价2.35元

书号 15143·5955

前 言

本书系根据一九八二年十一月水利电力部在南京召开的高等学校水利水电类专业教材编审会议的精神，在第一轮教材（一九八二年版《水泵及水泵站》）的基础上进行修订的。

在修订中力求突出高等学校教材特点，严格按照教学大纲要求，着重加强基本理论、基本概念和基本技能等方面的阐述，同时注意反映本学科的新发展和新成就。在阐述方法上，尽量做到由浅入深、循序渐进和理论联系实际。在一至六章水泵有关内容中，着重加强了应用方面的内容，如将水泵性能单独列为一章；工况确定及调节方面增添了数解法和反常情况下的确定方法等；在泵站部分（七至十三章）着重加强了理论分析和泵站内各部分内在联系方面的阐述；同时注意了水泵与泵站之间的紧密联系和前后呼应。由于教材的特点，将那些比较浅显易懂、地区性很强和涉及其它课程范围较多的内容，一并删削。

本书根据国家要求，全部采用法定计量单位。

本书编写过程中，得到了许多兄弟院校及生产单位的积极支持和热情协助，在此一并表示感谢。

对于书中存在的缺点和错误，恳请读者批评指正。

编者

1985年6月

BAV05103

目 录

前言	
绪论	1
第一章 泵的基础知识	7
第一节 泵的定义、分类和用途	7
第二节 叶片泵的构造	7
第三节 水泵装置及其抽水过程	12
第四节 水泵的工作参数	13
第二章 叶片泵的基本理论	19
第一节 叶片泵的基本方程	19
第二节 叶片泵相似律和比例律	30
第三节 比转数	34
第三章 水泵的性能	37
第一节 理论性能曲线	37
第二节 实验性能曲线	40
第三节 相对性能曲线	43
第四节 通用性能曲线	44
第五节 全面性能曲线	45
第六节 综合性能图	49
第七节 水泵的性能方程	50
第四章 叶片泵工作状况的确定	52
第一节 需要扬程曲线	52
第二节 工作点及其确定方法	54
第三节 叶片泵串联工作	55
第四节 叶片泵并联工作	56
第五节 叶片泵在分支管路上工作	59
第六节 在反常运行条件下水泵工作点确定	60
第五章 水泵工作点的调节	66
第一节 节流调节	66
第二节 分流调节	67
第三节 变速调节	67
第四节 车削调节	68
第五节 变角调节	71
第六章 水泵汽蚀及安装高程确定	75
第一节 水泵的汽蚀	75

第二节	允许吸上真空高度和汽蚀余量	77
第三节	汽蚀相似定律与相似判据	82
第四节	水泵安装高程的确定	85
第七章	排灌泵站工程规划	87
第一节	概述	87
第二节	扬水区的划分及站址选择	89
第三节	泵站建筑物布置	92
第八章	机电设备的选型及配套	95
第一节	水泵的选型	95
第二节	电动机与水泵的配套	100
第三节	内燃机与叶片泵的配套	105
第四节	传动设备	108
第五节	辅助设备	112
第九章	进水建筑物	120
第一节	引水渠	120
第二节	前池	123
第三节	进水池	125
第四节	进水流道	132
第十章	泵房	137
第一节	泵房的结构类型及其适用场合	137
第二节	泵房内部设备布置及尺寸确定	142
第三节	泵房的整体稳定及地基应力校核	147
第四节	泵房主要构件受力分析	151
第十一章	出水管道及出水池	163
第一节	室外出水管道	163
第二节	出水池	187
第三节	虹吸式出水流道	193
第十二章	井泵及水轮泵	199
第一节	井泵及井泵站	199
第二节	水轮泵及水轮泵站	206
第十三章	泵站运行和管理	210
第一节	运行和管理	210
第二节	泵站的自动化	218

绪 论

机电提水排灌工程系指利用机电提水设备及其配套建筑物进行农田排水和灌溉的工程。它通常包括排灌水利系统、电力输配系统以及联系以上两个系统的泵站枢纽。

众所周知，机电提水排灌工程与自流排灌工程相比，一般无需修建大型挡水或引水建筑物，因此，受水源、地形、地质等条件的影晌较小，在绝大多数场合，它均能最大限度地、及时地满足生产上的需要。它具有工期短、受益快、一次投资小、成本回收期短、效益高等等优点。尤其近30年来，随着科学技术的不断进步，机器制造业和能源工业的高度发展，以及工农业生产对排灌要求的日益提高等原因，机电排灌工程已由过去的小型、分散、手动等配套性的田间工程，逐步地向大面积的，大、中、小匹配的，多种目标的和多种功能的，高度自动化的主体性水源工程发展。

一、机电排灌工程的适用场合

①无法采用自流引水排灌的场合。例如利用平原地区的井、塘、湖等水源进行灌溉；或者在水低田高的条件下发展灌区以及排除洼甸渍水等。

②采用自流引水排灌不经济的场合。例如采用自流引水排灌需要修建大型挡水建筑物或过长的引水工程；或者需要修建过多、过大的跨越建筑物；或者施工条件艰巨；或者渠系压废田亩过多；或者属于临时性的工程等等。

③需要自流与提水结合的场合。例如在容泄区水位低时，进行自流排水，而在容泄区水位高时，则进行提排；又如在自流灌区中采用机械排水；或者干渠采用自流而在田间采用提水方式等等。

④采用喷灌的场合。

⑤跨流域调水工程翻越分水岭的场合。

⑥需要抽水蓄能发电的场合。利用电力系统的非峰荷期向水库提水，而在峰荷期则利用水泵机组发电，用以调节电网负荷和回收能量。

二、国外机电排灌事业的发展概况

(一) 苏联

苏联的机电提水灌溉面积截至1972年共有5100万亩，占其总灌溉面积的30%，总装机 18×10^5 kW，并计划在1985年发展到14250万亩，约占其灌溉面积的45%。其中以乌克兰加盟共和国提灌面积最大，它在1957年建成的英古列茨泵站，总装机容量为29420 kW，设计扬程60m，单机容量为4200 kW，为当时苏联功率最大的灌溉供水泵站。阿塞拜疆加盟共和国是苏联用泵船进行灌溉的最早地方，现在在库拉河和阿拉卡斯河上建有泵船126座；土库曼加盟共和国大量发展了用电动深井泵提水的井灌，并于1957年开始采用远距离

集中控制。

苏联乌兹别克加盟共和国从1973年开始运转的卡尔申提灌工程，由阿姆河提水流量 $200\text{m}^3/\text{s}$ 共灌农田525万亩，总装机容量为 $45 \times 10^4\text{kW}$ 。沿干渠共分六个梯级提水，每座梯级泵站均装有6台全调节式轴流泵，第一级扬程 $17\sim 19\text{m}$ ，其余各级扬程 $23\sim 26\text{m}$ ，总扬程 156m ，单泵流量为 $40\text{m}^3/\text{s}$ ，一台作为备用。另有一座泵站专门向塔里马让水库送水，水库调节库容为 $16 \times 10^8\text{m}^3$ ，灌水期由水库引出的最大流量为 $360\text{m}^3/\text{s}$ ，由于这座泵站的修建，可使6座梯级泵站全年工作，从而大大地提高了工程效益。

乌克兰的卡霍夫卡提灌工程，计划从第聂伯河上的卡霍夫卡水库提水，其提水流量为 $530\text{m}^3/\text{s}$ ，灌溉农田1140万亩。渠首泵站扬程 25m ，共需装机 $108 \times 10^3\text{kW}$ 。第一期工程提水 $154\text{m}^3/\text{s}$ ，装机 $36 \times 10^3\text{kW}$ ，已于1973年开始运行。

另外，苏联还规划从欧洲部分的河流向伏尔加河流域调水；从西伯利亚向咸海调水，这些工程均需修建几十座大型泵站提水以跨越分水岭。其第一级泵站计划提水流量为 $700\text{m}^3/\text{s}$ ，扬程 $10\sim 15\text{m}$ ；第二级泵站计划提水流量为 $2200\text{m}^3/\text{s}$ ，扬程 $5\sim 60\text{m}$ 。并计划用多瑙河的水补充第聂伯河以发展乌克兰南部灌区。这些泵站所采用的水泵口径多在 $4000\sim 6500\text{mm}$ ，单泵流量为 $70\sim 150\text{m}^3/\text{s}$ ，扬程为 $1\sim 20\text{m}$ ，所有泵站的总功率达 $15 \times 10^5\text{kW}$ 。

(二) 美国

美国比较有名的提灌工程有：

①西北部哥伦比亚河大古力泵站。其设计流量为 $460\text{m}^3/\text{s}$ ，扬程 94m ，计划安装12台水泵，灌溉干旱高原农田625万亩。1949~1951年安装了6台立式混流泵，单泵流量为 $45\text{m}^3/\text{s}$ ，配套电动机 47807kW 。1973年加装了2台抽水蓄能机组，单机抽水能力为 $48\text{m}^3/\text{s}$ 。全站现有抽水能力 $366\text{m}^3/\text{s}$ ，配套电机总功率 $38 \times 10^4\text{kW}$ 。该站是从大古力水库内抽水，扬至高原上一座调节水库，有效库容为 $94 \times 10^7\text{m}^3$ 。在灌水季节抽水蓄入高原水库，待供电峰荷期再放回大古力水库发电。所以，后期的6台水泵改用蓄能机组。

②美国北水南调工程。该工程共建有12座大型泵站，利用99台水泵将加利福尼亚北部的水抽送到洛杉矶灌溉沿海的农田。其中埃德门斯顿泵站设计流量为 $125\text{m}^3/\text{s}$ ，净扬程为 587m ，设计总功率 $84 \times 10^4\text{kW}$ ，计划安装14台功率为 58840kW 的四级立式离心泵，呈门字形布置。现已安装11台，实际流量为 $98\text{m}^3/\text{s}$ ，总功率为 $65 \times 10^4\text{kW}$ 。有两条出水管路，每条长 2560m ，前段管路直径为 3860mm ，后段管路直径为 4280mm 。美国北水南调工程，计划最终年调水量 $27 \times 10^9\text{m}^3$ ，最长路线 710km ，提水流量 $290\text{m}^3/\text{s}$ （其中扬程在 920m 以上的流量为 $170\text{m}^3/\text{s}$ ），提水设备总装机为 $12 \times 10^6\text{kW}$ 。另外还有在1970年开始运转的圣路易斯提水工程，它有两座泵站，其中一座泵站装有离心泵3台，其扬程为 38m ，单泵流量为 $62\text{m}^3/\text{s}$ ，单机容量为 $3 \times 10^4\text{kW}$ ；另一座泵站装有全调式混流泵3台，单泵流量为 $34\sim 62\text{m}^3/\text{s}$ ，灌溉面积为364万亩。值得提出的是，该工程中另有一座抽水-发电站，站内装有8台双速可逆式泵-轮机组，在转速为 $150\text{r}/\text{min}$ 下作为水泵-电动机抽水时，单机容量为 $47 \times 10^3\text{kW}$ ，作为水轮机-发电机发电时，单机容量为 $53 \times 10^3\text{kV}\cdot\text{A}$ ，在转速为 $120\text{r}/\text{min}$ 下作为水泵-电动机抽水时，其单机容量为 $25 \times 10^3\text{kW}$ ，作为水轮机-发电机发电时，其单机容量为 $34 \times 10^3\text{kV}\cdot\text{A}$ 。每台机组从抽水工况转变为发电工况，或者从发电工况转

变为抽水工况，其转换时间仅需27 s。该机组在电力系统峰荷期发电，在非峰荷期间则向水库抽水。这样，不仅能平衡电力系统负荷，而且可以回收大量电能。

(三) 日本

日本全国排灌设备的总提排水能力为 $1.1 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{s}$ ，其中排水流量为 $9400 \text{ m}^3/\text{s}$ ，提灌流量为 $1600 \text{ m}^3/\text{s}$ ，全国共有排灌泵站7200多座，其中，中、小型泵站占93%，如1973年建成的新川水系的25座泵站群中，只有新川河口是大型泵站。该站共装有6台口径为4200mm的贯流式水泵，扬程2.6m，单泵流量 $40 \text{ m}^3/\text{s}$ ，电动机功率7800 kW，总排水量 $240 \text{ m}^3/\text{s}$ ，控制集水面积42万亩，排水受益面积30万亩。该站的泵与其它设备均由中央控制室远距离操纵。为保证新川河内水位稳定在设计范围内，采取自动调节水泵叶片角度和自动选择运转台数的控制机构，并根据内外水位差发出开启自流排水闸的信号。该站其它辅助设备和自动清污装置也均由中央控制室操纵。

另外，1975年建成的三乡排水站，装有口径为4600mm的混流泵，单泵流量为 $50 \text{ m}^3/\text{s}$ ，设计扬程6.3m，配套动力为4560kW的柴油机。

(四) 荷兰

荷兰地势低平，全国约有 $1/2 \sim 1/3$ 的土地在海平面以下，加之大规模围海造田和部分地区开垦沼泽地等，排水问题十分突出，因此机电提水排灌比较发达。其特点是扬程低，流量大。如1973年在北海运河入海处修建的爱茅顿排水站。该站装有大型贯流式水泵4台，采用低频、低速异步电动机驱动，将50Hz的电源经过变频器变为16.5Hz，以适应水泵低速运转。最大扬程2.3m，单泵流量 $37.5 \text{ m}^3/\text{s}$ ，该站排水能力为 $150 \text{ m}^3/\text{s}$ ，将来可能扩大到 $350 \sim 400 \text{ m}^3/\text{s}$ 。

三、我国机电排灌事业的发展概况

解放以来，随着我国工农业的迅速发展，各类农田旱涝保收标准的提高，高扬程地区的大力发展，沿江滨湖洼甸渍涝地区的不断改造，地下水源的开发和利用，以及多目标的大型跨流域调水工程的规划与实施等等，促使我国机电提水排灌事业得到了很大的发展。排灌设备容量及排灌效益都有成百倍的增长。从1949年全国机电排灌动力71342 kW，受益面积378万亩，到1981年已经达到 $54427 \times 10^3 \text{ kW}$ ，约占全国农村总动力的40%左右，提灌面积39000万亩，占灌溉总面积的50%以上；提排面积6000万亩，占除涝面积的25%。这些提水设施在抗旱灌溉、抗洪排涝、改善农业生产条件、改变农村面貌、提供城乡用水等方面发挥了重大作用，取得显著的社会经济效益。

我国机电提水排灌工程的特点是数量大、范围广、类型多、发展速度快。从工程规模上看，多属于中、小型；从动力种类上看，机（内燃机）和电（电动机）约各占一半。已建成的大面积提水排灌地区有江浙的长江三角洲、湖南的洞庭湖地区、湖北的江汉平原、广东的珠江三角洲、苏北的里下河地区、华北的井灌区、西北的高原灌区等。

根据各地区自然条件的不同，我国的机电提水排灌泵站，基本上可分为以下几种类型。

1. 小型泵站

这类泵站主要分布在平原河网、圩垸等多水源地区，如长江三角洲、珠江三角洲等河网地区。由于这类地区地势平坦，土地肥沃，水源密布，水源水位变幅很小，故低扬程、小流量为特点的小型泵站星罗棋布，形成大面积的泵站群。如1964年以前建成的珠江三角洲提水排灌工程，由4000多座小型泵站所组成，装机近 $3 \times 10^5 \text{kW}$ ，受益面积60万亩，输配电线路总长约8000km。这类泵站不仅投资小、效益高，而且在非排灌季节还可以利用站内动力设备进行农副业加工和解决农村照明用电等。

2. 机井泵站

这类泵站主要分布在我国华北、西北等井灌区。截至1981年底止我国机井保有量200余万眼，装机容量 $1471 \times 10^4 \text{kW}$ ，约占机电排灌总装机容量的35%，灌溉面积为 13×10^4 万亩，占机电排灌面积的28.6%。最大井深达500m，最大提水深度为200m左右。这种泵站与第一种类似，往往是形成星罗棋布的井站群，其输配电线路造价约占总投资的40%左右。

3. 浮动式泵站

这类泵站主要分布在我国西南、西北、中南等省的水位变幅大的江河和水库等水源沿岸。如嘉陵江在重庆的水位变幅可达30m，长江在重庆的最大水位变幅可达35m，汉江在汉口的最大水位变幅为19m，在这种条件下如果兴建固定式中、小型泵站，不仅投资大而且施工困难，因此，多采用随水位涨落而升降的浮船式和缆车式泵站。通常每座泵船的提水能力约为 $1.2 \text{m}^3/\text{s}$ 左右。

4. 中型排灌泵站

这类泵站主要分布在丘陵地区和圩垸地区。有些站是单纯灌溉或单纯排水的，有些站则兼有灌溉和排水的双重功能。它们大多属于中等规模的泵站，类型多，数量大。

5. 高扬程泵站

这类泵站主要分布在陕西、甘肃、山西、宁夏等省（自治区）的高原地区。其主要特点是扬程高、梯级多、工程巨大。如甘肃省景泰川提水工程于1974年完成了第一期工程，其设计流量为 $10.56 \text{m}^3/\text{s}$ ，灌溉面积30.42万亩，共分11级提水，其累计净扬程为445m，总装机容量为 $64 \times 10^3 \text{kW}$ ，单机最大容量2000kW；第二期工程于1984年动工兴建，计划灌溉面积约50万亩，共分18梯级，总扬程708m，累计净扬程602m。又如陕西省沿黄河在韩城县禹门口、合阳县东雷、潼关县港口等三处兴建的泵站工程，其中东雷提灌工程设计流量为 $60 \text{m}^3/\text{s}$ ，分8级提水，累计净扬程为311m，总装机容量为 $12 \times 10^4 \text{kW}$ ，其二级站水泵额定扬程为215m，单机容量为8000kW。

6. 大型排水泵站

这类泵站主要分布在湖北、江苏、安徽、湖南等省的沿江滨湖低洼地区。其特点是流量大、扬程低、自动化程度高。如湖北省的江汉平原，是历史洪涝灾害比较频繁的地区，从1969年至1980年已建成泵站56座，装机 $37 \times 10^4 \text{kW}$ ，总的排涝受益面积为1120万亩，灌溉受益面积为430.5万亩。其中最大的凡口泵站装有4台口径为4000mm的大型轴流泵，站设计流量为 $214 \text{m}^3/\text{s}$ ，装机容量24000kW，排涝受益面积47万亩，灌溉受益面积20万亩。

7. 大型多目标跨流域调水泵站

如我国已经建成投产的引滦入津调水工程是采用三级提水将滦河水逐级提升后自流入天津的，全线共兴建大型泵站4座，共装大型轴流泵27台，总装机 2×10^4 kW。又如南水北调东线第一期工程输水干线长646km，新建和扩建泵站20座，抽长江水 $500 \text{ m}^3/\text{s}$ ，除首先满足工矿、城市居民及航运用水外，对农业以提高保证率为主，水稻面积稳定在1400万亩，保证率为95%~90%，旱作物保证率为75%；第二期工程抽水 $700 \text{ m}^3/\text{s}$ （过黄河 $200 \text{ m}^3/\text{s}$ ），全线共37座泵站，总装机容量为 8×10^5 kW，输水总长1150km，其中已经建成的江都泵站共装机49800kW，设计流量 $400 \text{ m}^3/\text{s}$ ，该站能够抽引长江水北上，送至大运河和苏北灌溉总渠，并向淮北地区补给水源，以及排除里下河地区内涝等，它为彻底改变苏北地区和淮河之间广大多灾低产农田面貌、为建设高产稳产农田提供了条件，为跨流域调水建设大型电力泵站创造了经验。另外淮安和大汕子梯级泵站分别安装了口径为4500mm轴流泵2台，口径为6000mm的混流泵2台。

8. 自然能源泵站

我国南方山区从50年代开始发展了大量水轮泵站，截至1984年全国已建成水轮泵站4万多座，灌田500万亩。它是我国独特的水利提水工程，其能量转换率已达60%~80%，比过去利用径流的筒车效率高出1~2倍，也比用水电抽水的能量转换效率高。湖南省临澧县1966年开始兴建的青山水轮泵站，内装AT100-8水轮泵35台，设计流量 $15.26 \text{ m}^3/\text{s}$ ，扬水高度50m，灌溉农田35万亩，是我国最大的水轮泵站。

综上所述，可以看出目前我国机电排灌工程在数量上已跃居世界首位，在工程规模上也有一定水平，但由于建站时缺乏按地区或水系的总体规划指导，设计中忽视动能经济观点以及机电产品类型和质量上存在的一些问题等等原因，致使在技术水平、工程标准以及经济效益指标等方面与国外先进水平相比，还有一定的差距。

另外，我国幅员辽阔，水能、潮汐能、风能和太阳能等自然能源较为丰富。如何因地制宜地发展一些利用自然能源进行抽水的设施，也是值得今后努力的一个方面。

由于现代化农业对排灌要求的日益提高，加上多年来水利工程的不断兴建，有自流条件的排灌工程越来越少，所以必须依靠发展机电提水排灌才能解决。另一方面，能源工业、机器制造业等的不断发展，为机电排灌提供了越来越廉价的电能和规格型号众多、价格便宜、性能好、效率高的设备等等，从而为机电排灌的发展提供了必要的条件。同时，机电排灌的设计和管理水平的不断提高，使单位能耗越来越低，工程效益越来越高。所以，可以预言，机电排灌事业今后将有广阔的发展前景。

四、本课程的内容和要求

本课程是农田水利工程专业的专业必修课之一。它的研究对象是水泵应用技术及排灌泵站的规划和运行管理等问题。一般说来，前者是后者的基础和核心，后者是前者的具体运用。前者以水泵的性能及其应用为重点，而水泵的构造、工作原理、相似律以及比转数等部分主要围绕水泵性能加以阐述；水泵工作点的确定及调节，安装高程的确定，以及机泵匹配等内容则是水泵性能的具体运用。在水泵性能部分，将全面介绍水泵的基本性能方程和全面性能方程，以及理论性能曲线、实验性能曲线和全面性能曲线。介绍不同比转数

水泵性能之间的变化规律和异同点，在水泵性能曲线的应用部分中，除介绍正常工况下的应用知识外，也将介绍在反常工况下的应用知识。

水泵站部分将重点介绍在动能经济原则下，如何综合各种因素进行泵站的规划、设备的选型配套，以及泵站各种建筑物的设计原则、方法和步骤。同时，讨论了用综合效益最高的原则评价机电提水工程的观点和方法。

本教材按50学时编写，取材将以中型泵站的规划设计为主，兼顾大型和小型，并且注意突出本课程特点和基本内容，力求加强各个内容之间的内在联系和物理概念的阐述，以利于培养和提高学生分析问题和解决问题的能力。

在编写过程中，参考了有关文献和教材，并得到有关单位和同志的帮助，在此表示衷心的感谢。

本书在编写过程中，得到了许多同志的帮助，特别是得到了许多同志的帮助，在此表示衷心的感谢。

本书在编写过程中，得到了许多同志的帮助，特别是得到了许多同志的帮助，在此表示衷心的感谢。

本书在编写过程中，得到了许多同志的帮助，特别是得到了许多同志的帮助，在此表示衷心的感谢。

本书在编写过程中，得到了许多同志的帮助，特别是得到了许多同志的帮助，在此表示衷心的感谢。

本书在编写过程中，得到了许多同志的帮助，特别是得到了许多同志的帮助，在此表示衷心的感谢。

第一章 泵的基础知识

第一节 泵的定义、分类和用途

泵是一种水力机械，它通过工作体的运动把外加的能量传给被抽送的液体，使液体的能量增加，以达到提升或输送液体的目的。

按照被抽液体所增加能量性质的不同，可以把泵分成下列三大类：(a) 通过工作体的提升运动使液体位能增加的泵。例如通过刮水板或皮钱的提升运动使水位能增加的龙骨水车或管链式水车。(b) 通过工作体对液体的挤压运动使液体压能增加的泵。例如通过活塞的往复运动或通过转子的转动使液体压能增加的活塞泵或回转泵(其中包括活板式、转子式、螺杆式、转叶式和摆动活塞式等等)；以及利用阀板迅速开关使液体产生水锤进行增压的水锤泵；利用工程流体的动能使被抽液体增压的射流泵等等。(c) 通过工作体的高速旋转运动使液体的压能和动能增加的泵。例如通过叶轮的旋转运动使液体的压能和动能增加的叶片泵。

应该指出，所谓工作体不一定是固体，也可能是液体或气体。外加的能量一般是动力机的机械能，但也可能是其它能源。

分类是人为的，可以有不同的分类方法。从能量的观点来把泵分类，不仅大致符合泵在历史上由第一类经过第二类到第三类的发展顺序，而且符合水力学原理。

泵的用途很广，凡是流体都可以用泵来输送，几乎找不出一个不使用泵的国民经济部门。泵的主要用途是抽水，所以，通常叫水泵。在农田水利工程中，水泵主要用于排涝、灌溉和水利工程施工。农田水利工程中所采用的绝大多数是叶片泵，因此，本书所讲的水泵都是指叶片泵而言。

第二节 叶片泵的构造

图1-1为离心式和轴流式叶片泵的简图。根据水泵零件的重要程度，我们把叶轮、泵轴、泵壳、减漏环、轴承和填料看作是水泵的主要零部件。现把这六种零件的构造和作用简述如下。

一、叶 轮

叶轮又叫工作轮或转轮，它是由几个叶片所构成的。当叶轮被泵轴带动高速旋转时，叶片和被叶片带动的水流之间发生力的作用，从而将外加的机械能传递给被抽的水流。由于叶轮的类型在很大程度上决定了整个泵的构造类型和水泵性能，所以它是最重要的水泵部件。在图1-1(a)所示的水泵中，当叶轮旋转时，由于叶片上的水流质点的圆周速度沿半径方向愈来愈大，因此，叶片上的水流质点在逐步增大的离心力作用下，基本上沿着径

向流过叶轮，并被甩向叶轮出口，从而使水流获得动能和压能。所以通常将这种水泵称为径流式或离心式水泵(简称离心泵)。在图1-1(b)所示的水泵中，由于叶片下表面曲率大于上表面，当叶轮转动时，流经叶片下表面的水流速度必然大于上表面，因此，下表面的压力要低于上表面，由于这个压力差的存在，水对叶片产生一向下的压力，而高速旋转的叶片将对水产生一向上的推力使之上升。由于水流基本上沿着轴向流过叶轮，所以通常把这种水泵称为轴流式水泵(简称轴流泵)。另有一种叶片泵，当叶轮旋转时，水流同时承受着离心力和推力的作用，经过叶轮的流向介于径流和轴流之间，所以通常把这种水泵称为混流式水泵(简称混流泵)。

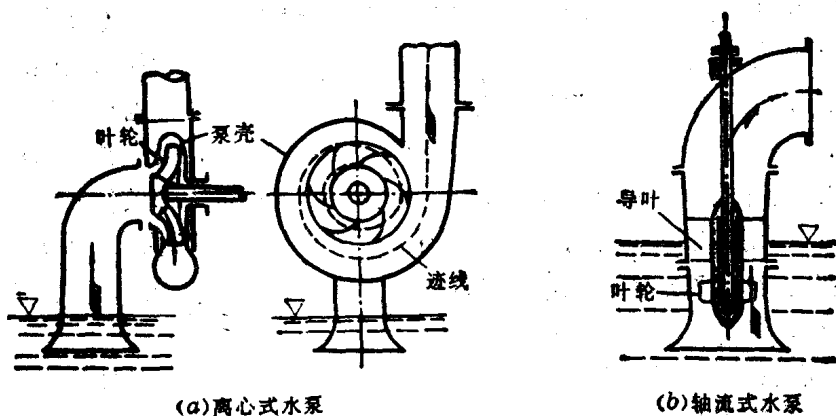


图 1-1 两种叶片泵简图

离心泵的叶轮可分为封闭式、半封闭式和开敞式三种。因为封闭式叶轮具有较高的效率，所以，用于抽清水的离心泵多采用装有6~8个叶片的封闭式叶轮(图1-2)。相邻叶片和前后轮盖的内壁构成了一系列弯曲的槽道，称为叶槽。单吸式叶轮前盖板中间有一进水口，水从进水口进入叶轮后先转90°再进入叶槽。半封闭式叶轮没有前盖板，目前只有少数泵使用。开敞式叶轮由于没有轮盘，同时叶片数目又较少，因此多用于抽送浆液或污水。

叶轮用键和反向螺母固定在泵轴上。用反向螺母的目的，在于轴转动时，螺母不会自行松脱，而是越转越紧。

单吸式叶轮[图1-2(a)]由于背水面承受的水压力较进水侧大，因此产生一个指向进水方向的轴向力(图1-3)。这个轴向力随着泵的增大和扬程的增高而增大。为了平衡此轴向力，一般采用在靠近叶轮进口处的后轮盖上开4~6个小孔，这样，便可减少叶轮进水面和背水面的压力差，从而降低水压对叶轮的轴向推力，但是由于叶轮背面的压力水经过平衡孔流向压力低的进水侧后，会降低叶轮的工作效率，所以近年来对小型低扬程泵，因其产生的轴向推力不大，均不开平衡孔，其轴向推力完全由轴承承担。同时，有的泵改在叶轮后面增加若干条径向的平衡筋板，当叶轮旋转时，平衡筋板带动叶轮后盖板后面的液体旋转，从而降低叶轮后盖板后侧的水压力，以达到平衡轴向力的目的。由于筋板在水中旋转时也会消耗一定的能量，所以这种措施也会对泵的工作效率有一定的影响。对于流量较大的水泵，常采用双吸式叶轮[图1-2(b)]，它好象是由两个单吸式叶轮背靠背的

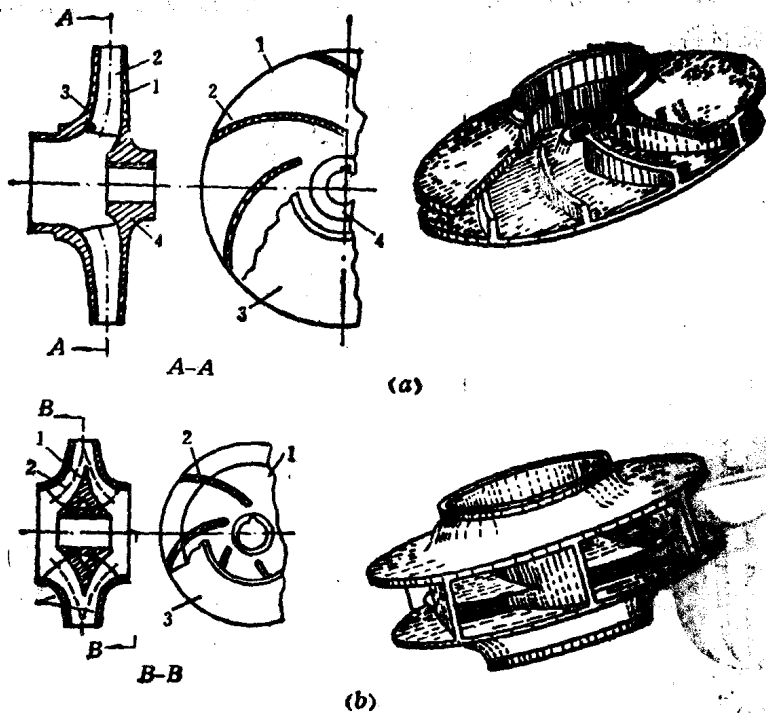


图 1-2 离心泵的叶轮

(a) 单吸式; (b) 双吸式

1—后轮盖板; 2—叶片; 3—前轮盖板; 4—轮毂

组合而成。水从叶轮的左右两侧流入叶轮，然后再汇集到同一泵壳中，因此，不仅轴向力可以自行平衡，而且改善了水泵的吸水性能。另外，为了在不增加叶轮尺寸的情况下提高水泵的扬程，在一台水泵内还安装若干个串联的叶轮，称为多级泵。这种泵的叶轮常背靠背地放置，以自动平衡其轴向力。

轴流泵的叶轮均为开敞式，一般具有 2~6 个叶片，安装在粗大的轮毂上。轮毂前端有导水锥。叶片截面呈流线型，和飞机翼截面十分相似，前端（迎水端）呈圆形，后端（出水端）呈尖削型。当叶轮旋转时，由于沿半径方向的线速度不同，为了得到同样的扬程，沿半径方向叶片各截面的安装角不相等，愈接近外缘其安装角就愈小，因此，叶片呈扭曲状（图 1-4）。根据叶片安装角能否调节，轴流泵可分固定式、半固定式和全调节式三种。根据轴流泵内的叶轮数目，又可分为单级和多级两种。

混流泵叶轮形状，一部分象离心泵叶轮，一部分象轴流泵叶轮，其特点是将叶轮安装在圆锥形轮毂上（图 1-5）。

叶轮尺寸是根据水动力学计算决定的，但同时必须使叶轮具有足够的机械强度。我国

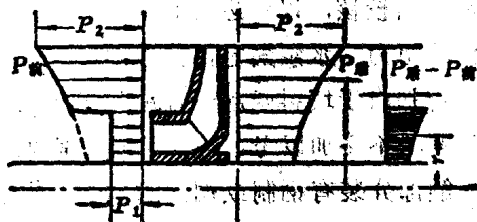


图 1-3 叶轮前后两侧压力分析图

$P_{前}$ —叶轮进水侧压力; $P_{后}$ —叶轮背水侧压力

一般采用铸铁或优良灰铸铁作为中小型清水泵的叶轮材料。大型叶片泵可用性能比铸铁好的铸钢作为叶轮材料。

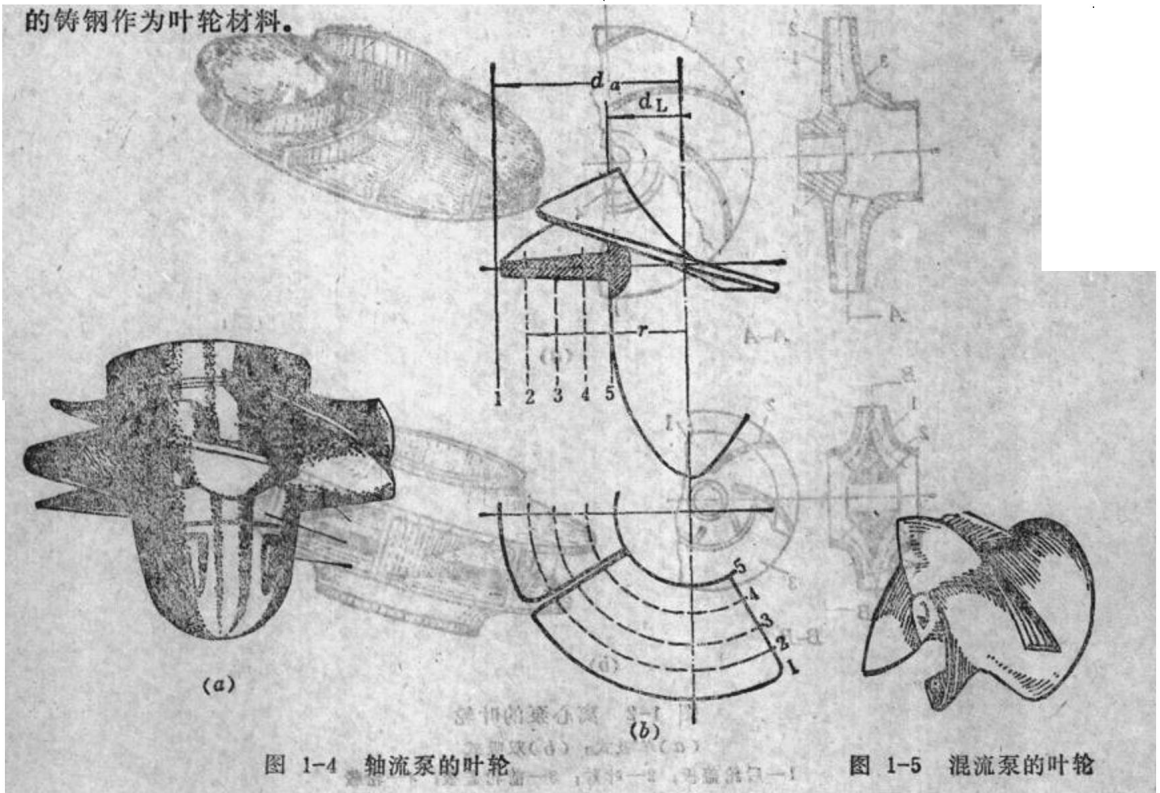


图 1-4 轴流泵的叶轮

图 1-5 混流泵的叶轮

二、泵 轴

泵轴必须有足够的抗扭强度。泵轴、叶轮与其它转动部分（合称转子）应当经过静平衡或动平衡校核，以免运转时挠度太大，导致振动和引起金属磨损。近年的研究表明，由于液体的阻力，水泵固定部分（即泵壳与其它固定部分，合称定子）对于水泵转子振动的限制，特别由于填料函起着轴承作用而减少了泵轴的跨度，对于排灌用的水泵来说，临界转速问题是不必加以考虑的。泵轴普遍采用优质碳素钢制造。为了防止轴的锈蚀，在轴与水的接触部分装有钢制或铜制的轴套，铜制轴套锈蚀后可以更换。

泵轴可以是横轴或竖轴，装有横轴的泵叫做卧式泵，装有竖轴的泵叫做立式泵。水泵也有装斜轴的，叫做斜式泵。

三、泵 壳

泵壳由进水道、壳体 and 出水道三部分构成。其作用是：(a)把水引向叶轮；(b)汇集由叶轮流出的水，并把水大部分动能转化为压能；(c)把所有固定部分联成一体。

离心泵的泵壳有蜗壳式和导叶式两种不同型式。前者的外型如蜗壳，内部有螺旋道；后者是具有导叶的固定环（图1-6）。我国制造的中小型的单级离心泵一律采用蜗壳式，多级离心泵一律采用导叶式。

轴流泵壳呈圆筒形[图1-1(b)]，由于其中有固定导叶，故称导叶式泵壳。导叶装在叶

轮后面，呈圆锥形，其扩散角一般不大于 $8^{\circ}\sim 9^{\circ}$ ，内有5~12片导叶，其作用有二：(a)把从叶轮中流出的带有旋转运动的水流变为轴向流动；(b)把一部分水流的动能变为压能。此外，在导叶体内还有橡胶轴承，起径向支撑作用。轴流泵的出水道是一弯管。中小型轴流泵的进水道多采用喇叭形短管，而大型轴流泵则多采用肘弯形或钟形进水流道。混流泵泵壳绝大多数是蜗壳式，少数是导叶式。

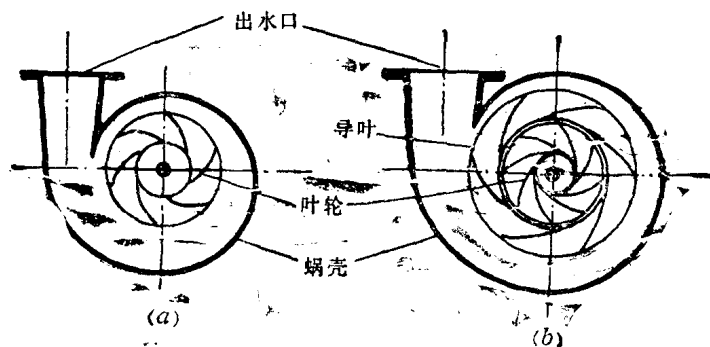


图 1-6 离心泵壳的两种型式

四 减 漏 环

水泵的叶轮进口外缘与泵壳之间的空隙很小，运转时难免发生摩擦，引起金属的磨损。空隙中的高速水流会冲刷掉由氧化物构成的表面保护层，促进水对金属的腐蚀作用。为了既能保证很小的间隙，以减少漏水量，又能代替泵壳与叶轮承受磨损和腐蚀，通常在离心泵和混流泵的转子与定子的间隙处的泵壳上安装一个环，或在间隙处的泵壳和叶轮上各安装一个环（图1-7），以便当这种环损坏到漏水量太大时可以更换。由于该环有上述双重作用，故可叫做减漏环，或叫做承磨环，又因此环一般安装在叶轮进口处的泵壳上，所以又称口环。如图1-7所示，有的减漏环做成曲折形的目的在于增加水力阻力，借以减少漏水量。

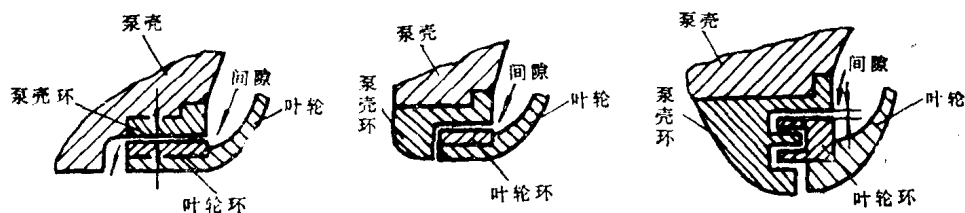


图 1-7 减漏环

五、轴 承

离心泵与混流泵的轴承有滚动轴承与滑动轴承两类。滚动轴承的工作性能较好，但是当滚珠的圆周速度增高时，工作性能变坏，而且，当水泵运转时，如果滚珠破碎，水泵转子也会损坏。因此，我国制造的单级离心清水泵，泵轴直径在60mm以下的采用滚动轴承，泵轴直径在75mm以上的采用滑动轴承。