

高等学校教材
专科适用

水泵与水泵站

江苏水利工程专科学校 沙鲁生 主编



高 等 学 校 教 材

//////////////////// 专 科 适 用 //////////////////////////////////////

水 泵 与 水 泵 站

江苏水利工程专科学校 沙鲁生 主编

中国水利水电出版社

高等学校教材

(专科适用)

水泵与水泵站

江苏水利工程专科学校 沙鲁生 主编

*

中国水利水电出版社 出版
(原水利电力出版社)

(北京市三里河路6号 100044)

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

北京密云红光印刷厂印刷

*

787×1092 毫米 16 开本 15 印张 337 千字
1993 年 10 月第一版 2001 年 5 月北京第三次印刷

印数 8381—12380 册

ISBN 7-80124-381-1/TV·212

(原 ISBN 7-120-01867-1/TV·677)

定价 18.60 元

前 言

本书是根据1990~1995年高等学校水利水电类专业专科教材选题和编审出版规划,按《水泵与水泵站》教材编写大纲编写的。

全书除绪论外,共分10章。其内容前4章为叶片泵的基础理论,后6章为泵站工程规划、设计和运行管理等问题。编写时从高等专科专业教学要求出发,着重于基本概念、基本理论和基本技能等方面的阐述,力求理论联系实际,并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。

本书的绪论和第1、2、3、4、6、8、10章由江苏水利工程专科学校沙鲁生编写,第5、7、9章由东北水利水电专科学校许魁文编写。全书由沙鲁生主编,黑龙江水利专科学校王仲文主审。

本书是教科书,也是工程应用参考书。恳切希望广大师生及读者批评指正。

编者

1993年1月

目 录

前 言	
绪 论	1
第一章 叶片泵的工作原理与构造	6
第一节 泵的定义和分类	6
第二节 抽水装置及抽水过程	7
第三节 叶片泵的工作原理与构造	8
第二章 叶片泵的性能	23
第一节 叶片泵的性能参数	23
第二节 叶片泵的基本方程	27
第三节 叶片泵的性能曲线	32
第四节 叶片泵的相似律和比例律	36
第五节 叶片泵的比转速	39
第三章 叶片泵工况的确定及调节	43
第一节 叶片泵运行时的工况点	43
第二节 叶片泵的并联和串联运行	45
第三节 叶片泵运行工况的调节	49
第四章 叶片泵的汽蚀及安装高程的确定	59
第一节 汽蚀及其危害	59
第二节 汽蚀基本方程与汽蚀性能参数	61
第三节 汽蚀相似定律和汽蚀比转速	65
第四节 叶片泵安装高程的确定	66
第五节 减轻汽蚀的措施	67
第五章 泵站工程规划	69
第一节 规划任务和原则	69
第二节 灌溉泵站工程规划	70
第三节 排水泵站工程规划	78
第六章 机组的选型与配套	87
第一节 水泵的选型	87
第二节 动力机及其选配	89
第三节 传动设备的选配	96
第四节 管路及其附件的选配	100
第七章 进出水建筑物设计	105
第一节 引水建筑物	105
第二节 前池与进水池	107
第三节 出水管道	116
第四节 出水池与压力水箱	136

第八章 泵房设计	142
第一节 泵房的结构形式	142
第二节 泵房布置及尺寸确定	155
第三节 泵房稳定分析	162
第四节 泵房结构设计	170
第九章 井泵及水轮泵	188
第一节 井泵及井泵站	188
第二节 水轮泵及水轮泵站	195
第十章 泵站的安装运行和管理	200
第一节 机组和管道的安装	200
第二节 泵站运行管理	213
第三节 泵站测试	218
第四节 泵站技术改造	226
参考文献	232

绪 论

一、我国机电排灌事业的发展概况

利用人力、畜力、风力、水力提水进行农田的灌溉与排水,在我国有悠久的历史。传说商代已用符合杠杆原理的提水工具桔槔汲取井水。公元前1000年左右则有辘轳出现。辘轳是在井口安装的木质卷扬机,用人力绞动井绳,带动水筒提水。到了东汉又发明了龙骨水车,古称翻车。它应用了简单齿轮和链的机械传动原理,能连续提水。约在公元670年以前又制造了斗式水车。它是由齿轮和多个连成环状的水斗组成的一种汲取井水的工具,多用畜力拉转,因其水平传动齿轮形似“八卦”,俗称八卦水车,国外称这种水车为波斯轮。唐代创造了筒车,它是一种利用水力提水的工具,又称水转筒车,国外称中国筒车。这种筒车到了宋代已很普遍。元代王桢《农书》中称赞水力灌溉机械“大可下润于千顷,高可飞流于百尺,架之则远达,穴之则潜通,世间无不救之田,地上有可兴之雨”。直到现在,在油、电能源短缺,提水高度不大,水量要求不多的地方,这些提水工具仍有使用价值。

18世纪末,蒸汽机的出现,国外已由简单的提水工具发展成为由蒸汽机驱动的活塞式水泵。19世纪末电动机问世后,有了高速旋转的动力机,离心泵才得以应用。我国在本世纪初开始运用机械进行排灌。在杭(州)嘉(兴)湖(州)地区,以及苏(州)、无(锡)、常(州)附近的太湖地区采用小型汽油机和柴油机带动水泵抽水。1924年,江苏常州郊区开始使用电动机驱动水泵。截止到建国前夕,全国机电排灌动力仅有7.17万kW,提灌面积300多万亩,约占当时灌溉总面积2.19亿亩的1.6%。机电排灌动力不仅数量少,在质量上也是很落后的。

建国后,党和政府很重视发展农业生产,机电排灌事业一直以很高的速度发展。据1989年上半年统计,全国有机电井263万眼,固定泵站46.5万座,以及2000多万kW的流动排灌机械,总动力达6635万kW,相当于建国前几十年发展总量的900余倍。全国使用机电排灌的农田面积已达4.65亿亩,其中机电灌溉面积4.06亿亩,占全国灌溉面积7.25亿亩的56%;机电排水面积5991万亩,占全国除涝面积2.85亿亩的21%。此外,水轮泵的灌溉面积约425万亩。机电排灌设施已成为旱涝保收稳产高产的物质基础。随着工农业生产和科学技术的发展,我国农用水泵的设计制造能力亦有了相应地提高。现在,我国不但能生产中小型农用水泵,还能设计、制造大型水泵。目前我国最大的离心泵叶轮直径为1.4m,单泵流量为 $2.2\text{m}^3/\text{s}$,设计扬程为225m,单机功率为8000kW。最大的混流泵叶轮直径为6m,单泵流量为 $96\text{m}^3/\text{s}$,设计扬程为5.6m,单机功率为7000kW。最大的轴流泵叶轮直径为4.5m,单泵流量为 $60\text{m}^3/\text{s}$,设计扬程为7.0m,单机功率为5000kW。值得指出的是,我国还发展了一种利用水力提水的水轮泵,并受到联合国粮农组织及亚太地区一些国家的重视。

二、机电排灌事业在我国社会主义建设中的作用

机电排灌是利用机电提水设备及其配套建筑物进行提水灌溉和排水的工程设施。机电

排灌通常用于不能自流灌溉、排涝或采用自流方式进行排灌不经济的场合。由于它无需修建大型挡水或引水建筑物,因此受水源、地形、地质等条件的影响较小。机电排灌具有机动灵活、建设周期短、一次投资小、成本回收快、排灌及时等优点。但是,它在运行中要消耗能源和较多的维修费用。

我国幅员辽阔,地形地貌极其复杂,气候差异亦很悬殊,加之各地的作物组成和农业生产条件不一,因此对灌溉排水都有不同要求。按照全国各地的自然地理条件,机电排灌站主要分布在以下地区。

1. 南方沿江滨湖圩垸地区

南方江河下游的冲积平原,土壤肥沃,水网密布,湖泊众多,水源充足,雨量充沛,当地居民在江河两岸及湖泊周围筑堤围垦,形成了大面积的圩垸地区。

圩垸地区的特点是地势平坦而低洼,汛期外水高于田面,圩内渍水无法自流排出,渍涝成灾。遇大水年份,圩堤易决口,外洪内涝,严重影响农业生产。天旱需灌时,水源水位又低于田面,不能自流灌溉。因而既需提排又需提灌,泵站多为排灌兼用或单纯排水,大多属于低扬程大流量的泵型。如江苏省,地处长江、淮河、沂、沭、泗河下游,境内地势平坦,河湖众多,为建设旱涝保收、高产稳产农田,大规模发展机电排灌,已逐步形成大中小灌排站相结合的体系,全省有排灌动力477万kW,泵站6万多座,排灌面积达5898万亩,基本实现了排灌机电化。位于苏北的江都排灌站是我国最大的排灌泵站工程,该站由4座大型排灌站和13座水工建筑物及引排河道组成。排灌站装机33台,设备总容量49800kW,总抽水流量473m³/s。江都排灌站可抽引长江水直接灌溉里下河、苏北灌溉总渠沿线的自流灌区,并为淮北部分地区提供水源;能排除里下河地区4000km²的内涝;保证了京杭大运河航运用水和里下河、淮北部分地区生活、工业用水;当淮河水较多无法容蓄时,江都三站可发电;4座站的水泵均由同步电动机驱动,抽水时可输出无功,不抽水时可空转调相。这一工程的实施,为彻底改变苏北地区的多灾低产面貌,加速发展农业生产创造了条件。1991年,江苏里下河地区遭受罕见的连续暴雨,由于江都抽水站及时排涝水26.6亿m³,加上出海4条河自流排水,涝水下降速度大大加快。与1954年相比,当时水位从3.08m降至警戒水位2.0m,长达96d,1991年从3.34m降至2.0m只用了28d。由于该工程规划设计比较合理,效益比较显著,已荣获国家优质工程金质奖。

2. 黄土高原区

黄土高原地处黄河中游,土层深厚,地形复杂,水源缺乏。在一些高悬在河川两岸的旱塬台地,塬面平坦,塬高水低,不仅农业用水缺乏,甚至人民生活用水亦很困难。为解决这类地区的灌溉问题,必须修建高扬程提灌站,一般为多级提水,扬程从100多m到500多m,抽黄河及其支流的水进行灌溉。例如甘肃省的景泰川电力提灌工程,地跨景泰、古浪两县,是一项高扬程多级站的电力提灌工程。境内年降雨量仅186mm,而年蒸发量高达3200mm,故干旱缺水。1974年建成第一期工程,提水10m³/s,灌溉面积30万亩,共建成泵站15座,分11级提水,最高累计净扬程445m。一级站位于黄河岸边。前三级站无灌溉任务,从第四级泵站开始进入灌区。机组总台数为96台,总装机容量为6.4万kW。景泰川电灌第一期工程建成后,在原来风沙弥漫的荒滩上建成了田、渠、林、路配套的稳产高产农

田。据1980年统计,粮食产量人均已达602kg,树木人均已有100余株。灌区内牧业、副业生产也有所发展。由于荒山变良田,植被面积大幅度增加,加上防风护田林网已初具规模,风沙危害得到一定控制,并初步改变了景泰川的小气候。1984年动工兴建的景泰川电灌第二期工程,计划从黄河再抽水 $18\text{m}^3/\text{s}$,分13级提水,累计最大总扬程708m,最高净扬程602m,共建泵站28座,总装机容量17.5万kW,灌溉面积50万亩。

3. 北方平原区

北方平原区泛指淮河、秦岭以北的广大平原地区和地势比较开阔的山间盆地,包括东北平原,宁蒙河套平原,冀北、晋、陕的河谷盆地,西部内陆盆地,黄淮海平原,淮北平原,以及黄河以南的部分地区。这些地区年降雨量较少且年内分配不均匀,地表水不足,经常出现旱情。但是这里的地下水储量丰富,开发利用地下水灌溉,是改变北方地区农业生产面貌,扭转南粮北调局面的一项重要措施。据1989年统计,北方17省、自治区、直辖市配套机井已达263万眼,配套动力2593万kW,井灌面积达到1.71亿亩。发展机井可以防旱抗旱,防涝治碱,保证农业稳产高产,同时解决了人畜饮水问题。如多灾低产的河北省,六七十年代集中力量打井,发展井灌,共建成60多万眼机井,井灌面积4500多万亩,占全省有效灌溉面积的80%以上。1980~1983年连续干旱,无地上水利用,机井成为抗旱的主要措施,1983年粮食产量达190亿kg,创历史最高水平。据统计,截止到1988年,井灌区累计增产小麦700亿kg、玉米515亿kg、棉花34亿kg。内蒙苏尼达右旗牧区,过去因缺水不能开发利用的草场共216万亩,但自60年代建设机井以来,每年为10万头牲畜解决了6个月的放牧饮水问题,年纯收入达43.83万元。但是,由于部分地区机井密度过大,超量开采已形成地下水漏斗,造成地面沉降海水入侵等问题。为了从根本上解决北方缺水问题,还需要从南方多水地区进行跨流域调水引水。在东北平原可从北部的松花江向南部的辽河跨流域调水。

4. 山区丘陵地区

山区丘陵地区地势起伏剧烈,地面高差大,无雨期间沟溪常常干涸,易遭受旱灾威胁。这些地区过去大都利用库塘蓄水灌溉,但干旱时蓄水不足,不能满足农田的需要。为提高抗旱保证率,发展机电提灌站可以补充蓄水的不足。由于田块零碎,灌区面积不大,多为中小型提灌站,这类站数量多分布广。为了充分利用山区的水力资源,在80年代南方各省发展了水轮泵提水。如湖南省青山水轮泵站是我国装机最多,规模最大的水轮泵站。站内安装水轮泵35台,总流量为 $15.26\text{m}^3/\text{s}$,净扬程50m,灌溉面积35万亩。青山水轮泵站建成后,灌溉效益逐年增大,灌区粮食平均亩产超过500kg。

机电排灌工程设施除用于农田排灌外,还可用于农牧业供水、围海造田、城市防洪、抽水蓄能,以及大规模的跨流域调水等。如引滦入津调水工程,采用3级提水,将滦河水逐级抽水后自流入天津,全线共兴建大型泵站4座,共安装大型轴流泵27台,总装机容量为2万kW,提水流量 $50\text{m}^3/\text{s}$,用于解决天津市工农业生产供水和市民的生活用水。

综上所述,机电排灌对抗御旱、涝、渍等自然灾害,确保农田稳产高产,促进农业机械化 and 电气化等都起了重要作用。同时,对工业建设、市政建设、交通运输等也都起着越来越大的作用。

三、进一步发展机电排灌的几个问题

1. 机电排灌存在的主要问题 ●

我国的机电排灌事业虽取得了举世瞩目的成就,但还存在不少问题。突出地表现在机电排灌设施老化,效益出现明显衰减。我国的机电排灌设施主要是建国后发展起来的,大体上在50年代约350万kW,60年代约1000万kW,70年代约4000万kW,80年代约1300万kW。经过20~30年的运行,绝大多数设备已经老化。其主要表现有:水泵磨损、汽蚀严重;电机绝缘老化;开关柜等电气元件失灵、失准、工作不可靠;泵站建筑物地基不均匀沉降、倾斜开裂、渗水、漏水等。机电排灌设施老化带来的后果是灌排效益面积衰减。据统计,1979~1986年全国配套机井数从229万眼增加到236万眼,配套动力从2062万kW增加到2277万kW,井灌面积却从1.76亿亩下降到1.63亿亩。1983~1989年机电泵站配套动力从1906万kW增加到1990万kW,灌排面积却从2.63亿亩下降到2.45亿亩。机电排灌设施老化还使泵站效率低、能耗大、排灌成本高,加重了用户的负担。造成以上情况的原因有:

(1) 使用时间长,磨损老化严重,加之排灌设备多在潮湿、通风散热不良的环境和多泥沙、杂质的水中运行,则更加快了设备的老化。

(2) 有些设备质量低劣,施工安装质量差。

(3) 有些工程或因规划布局不当,或因选型配套不合理、工程不配套,不能达到设计标准。

(4) 水费标准低,没有大修和折旧资金的积累,不能及时进行更新改造。

(5) 很多站管理粗放,管理人员素质低。

2. 发展机电排灌应解决的问题

针对存在的问题,进一步发展机电排灌应以内涵为主,走内涵与外延相结合的方针。

(1) 有计划地更新改造。机电排灌设备要分年列入计划,有计划地更新改造。这是一项技术性、经济性很强的工作,应该从实际情况出发通过测试取得科学数据,对工程设施老化状况进行具体分析,论证更新改造的必要性、可能性、经济效益和社会效益,提出具体的更新改造措施。同时要落实所需更新改造的资金、材料和设备。

(2) 提高泵站管理单位的管理水平。贯彻执行国家颁发的方针政策和有关技术法规,保证安全、经济地完成生产任务。为使机电排灌工程建成后有维持再生产和更新改造的资金来源,应严格成本核算,按成本计收水费,努力从粗放管理转移到集约经营。

(3) 适当发展机电提水工程的规模。我国的机电提水工程虽然有了相当的规模,但还不能满足工农业生产的需要,在加强管理、更新改造的基础上,还要定出适当发展的规划。制定规划时,要通过认真的技术经济论证和比较,使泵站工程的规划设计方案尽可能作到技术上可行,经济上最优,力求以社会最小的投入获得最大的产出。

(4) 加强科学研究和技术推广工作。要搞好泵站的更新改造、经营管理和规划设计工作,必须重视科学研究,依靠科学技术进步。各地在泵站工程技术改造实践中创造了许多有益的经验,应用了许多新技术、新材料、新结构、新设备,应及时总结大力推广。

● 全国农田水利基本建设会议参阅材料之五,1990年。

四、本课程的任务和要求

本课程是专科水利水电工程专业的一门专业课。它的基本任务是传授水泵与水泵站的基本概念、基本理论，配合实践性教学环节，使学生获得一定的生产实际知识和技能，并具有规划、设计和管理中小型泵站的初步能力。具体要求是：了解叶片泵的工作原理和构造，熟悉叶片泵的性能，能够测试叶片泵的基本性能；掌握水泵运行工况点确定的方法，以及工况的调节，对水泵的经济运行有一定的知识；掌握水泵的汽蚀性能，能正确确定水泵的安装高程；了解泵站工程规划原则，能合理地选定站址和确定泵站建筑物的总体布置；能合理确定灌排站的设计流量和扬程，合理选配水泵机组及附属设备；能合理地确定中小型泵房结构型式，并能进行泵房布置、稳定分析，以及泵房的结构设计；能合理地确定进出水建筑物的形式和尺寸，并能进行必要的水力计算；了解中小型泵站的安装、运行、管理方面的基本知识，熟悉泵站技术经济指标，初步掌握泵站量测技术，具有对泵站技术改造的初步能力。

第一章 叶片泵的工作原理与构造

第一节 泵的定义和分类

泵是把动力机的机械能转换为所抽送液体的能量（位能、压能、动能）的机械。泵是一种通用机械，广泛应用于农业、建筑、电力、石油、化工、冶金、造船、轻工、矿山和国防等部门，在国民经济各部门中占有重要的地位。泵的主要用途是抽水，故习惯上称为水泵。用于农业灌溉与排水的泵又称农用水泵或农用水泵。

农用水泵品种繁多，结构各异，按工作原理可分为以下三大类：

1. 叶片式泵

它是利用叶片的旋转运动来输送液体的。按叶轮旋转时使水产生的力的不同，又可分为离心泵、轴流泵和混流泵三种。

离心泵的构造如图1-1(a)所示：水由轴向流入叶片，沿垂直于主轴的径向流出。按其基本结构、型式特征分为：单级单吸式离心泵、单级双吸式离心泵、多级式离心泵，以及自吸式离心泵。

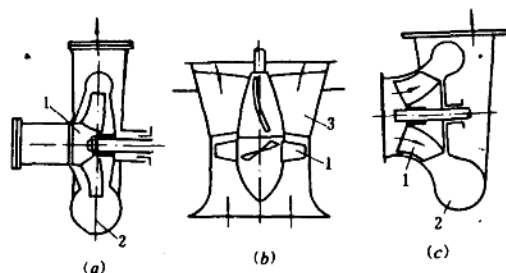


图 1-1 叶片式泵

(a) 离心泵；(b) 轴流泵；(c) 混流泵
1—叶轮；2—蜗形体；3—导叶

轴流泵的构造如图1-1(b)所示，水沿轴向流入叶片，又沿轴向流出。按主轴方向可分为立式泵、卧式泵和斜式泵，按叶片调节的可能性可分为固定式泵、半调节式泵和全调节式泵。

混流泵的构造如图1-1(c)所示，水由斜向流入叶片，沿斜向流出。按结构型式分有蜗壳式泵和导叶式泵。

按照使用范围和结构特点分，还有长轴井泵、潜水电泵、水轮泵等。

长轴井泵具有长传动轴潜入井水中抽水，根据扬程的不同，又分为浅井、深井和超深井长轴深井泵。潜水电泵是与电动机联成一体潜入水中抽水，根据使用场合不同，又分为井用潜水电泵、地表水潜水电泵。水轮泵是用水轮机作为动力带动水泵工作，它直接利用可再生的水力资源就地提水。按结构特点分低、中、高水头轴流式水轮泵和低、中、高水头混流式水轮泵。

2. 容积式泵

顾名思义，它是靠工作室容积周期性变化输送液体的。容积式泵根据工作室容积改变的方式又分为往复泵和回转泵两种。往复泵是利用柱塞在泵缸内作往复运动来改变工作室的容积而输送液体的。例如拉杆式活塞泵是靠拉杆带动活塞作往复运动进行提水的。回转泵是利用转子作回转运动来输送液体的。例如单螺杆泵是利用单螺杆旋转时，与泵体啮合

空间（工作室）的周期性变化来输送液体的。

3. 其他类型泵

它是指叶片式和容积式泵以外的特殊泵。在灌排泵站中有射流泵、水锤泵、气升泵（又称空气扬水机）、螺旋泵、内燃泵等。其中除螺旋泵是利用螺旋推进原理来提高液体的位能外，其他各种泵都是利用工作流体传递能量来输送液体的。

常用泵的使用范围如图1-2所示。从图中可以看出容积式泵适用于高扬程、小流量场合。叶片泵覆盖了从低扬程到高扬程、从大流量到小流量的广阔区间，使用范围宽广。在排灌用泵中使用最多的是叶片式泵。因此，本教材将着重讲解叶片泵。

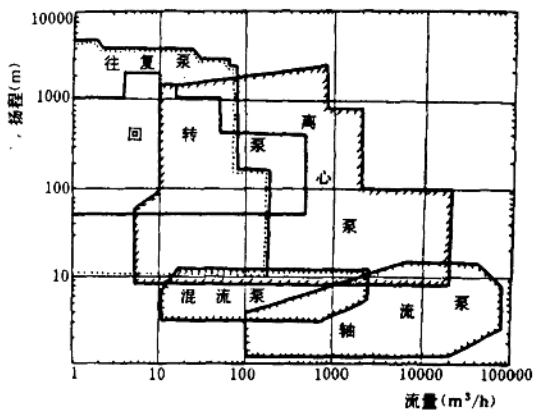


图 1-2 常用泵的使用范围

第二节 抽水装置及抽水过程

在学习叶片泵的工作原理与构造之前，必须对抽水装置及抽水过程有一全面的了解。水泵、动力机、传动设备、管路及其附件的组合物称为抽水装置。现将离心泵、轴流泵抽水装置及抽水过程介绍如下。

一、离心泵抽水装置及抽水过程

图1-3为离心泵抽水装置示意图。单级单吸离心泵安装在进水池水面之上，驱动水泵的动力机为电动机，电动机与水泵通过联轴器直接连接。水泵进口端接进水管路，出口端接

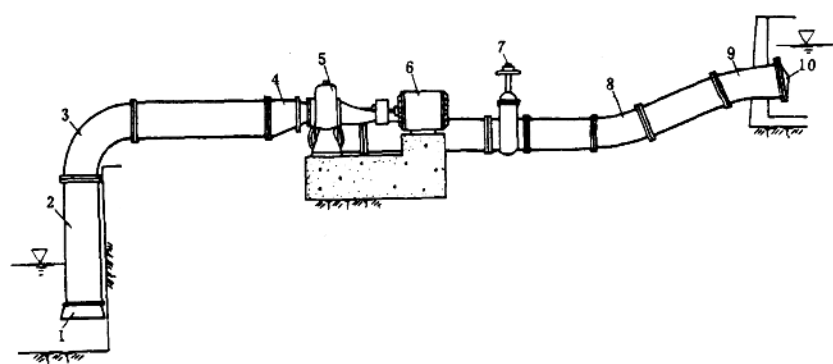


图 1-3 离心泵抽水装置示意图

- 1—喇叭管；2—进水管；3—90°弯头；4—偏心渐缩接管；5—水泵；
6—电动机；7—闸阀；8、9—22.5°弯头；10—拍门

出水管路。在进、出水管路上还装有各种管件和阀件，统称为管路附件。管件是将管子连接起来的连接件，在图1-3中可见到的有 90° 弯头、偏心渐缩接管、两个 22.5° 弯头等。阀件包括底阀、闸阀、拍门等。水泵启动前泵壳和进水管内必须充满水。底阀就是人工充水时防止水漏失的单向阀门。但是，运行时水流经底阀的水头损失很大，故应取消而代之以其他充水设备。在小型抽水装置中，为防止水中杂物吸入泵内，在进水管管口装有滤网。闸阀装在出水管路上，用以启动、停机或检修时截断水流，并可减轻动力机启动负荷，抽真空时隔绝外界空气，对小型水泵装置也可调节水泵流量或功率。水泵启动后，电动机通过联轴器带动水泵叶轮旋转，进水池的水经进水管吸入泵内，从叶轮甩出的水经出水管流入出水池。停泵时靠装在出水管路出口的拍门自动关闭，以防止水倒流。

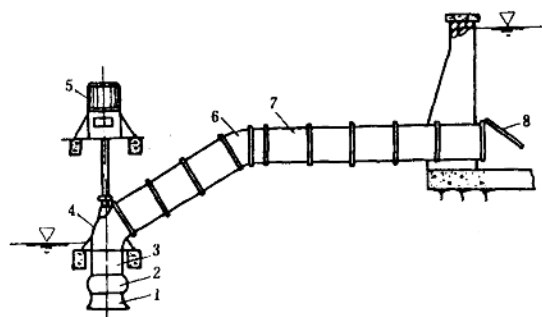


图 1-4 轴流泵抽水装置示意图

1—喇叭管；2—叶轮；3—导叶体；4—出水弯管；
5—电动机；6— 45° 弯头；7—出水管；8—拍门

二、轴流泵抽水装置及抽水过程

图1-4为立式轴流泵抽水装置示意图。立式轴流泵叶片安装在进水池最低水面以下，因此无需充水设施。电动机装在水泵的上层，用联轴器与水泵直接连接。水泵出水弯管与出水管路连接。泵运行时电动机带动叶轮在水中旋转，进水池的水从喇叭管进入叶轮后，经导叶体、出水弯管和出水管流入出水池。轴流泵抽水装置无需设置闸阀，停泵时断流设备也采用拍门。图1-4中管路附件仅有 45° 弯头一只。

第三节 叶片泵的工作原理与构造

一、离心泵

（一）离心泵的工作原理

图1-5为单级单吸离心泵基本构造图，它由叶轮、泵轴、泵体等零件组成。叶轮的中心对着进水口，进、出水管路分别与水泵进、出口连接。上一节已阐述，离心泵在启动前应充满水。当电动机通过泵轴带动叶轮高速旋转时，叶轮中的水由于受到惯性离心力的作用，由叶轮中心甩向叶轮外缘，并汇集到泵体内，获得势能和动能的水便被导向出水口，沿出水管输送至出水池。与此同时，叶轮进口处产生真空，而作用于进水池水面的压强为大气压强，进水池中的水便在此压强差的作用下，通过进水管吸入叶轮。叶轮不停地旋转，水就源源不断地被甩出和吸入，这就是离心泵的工作原理。

必须指出的是，以上所说叶轮中的水受惯性离心力作用被甩出去，这是对站在和叶轮一起旋转的观察者来讲的。对于站在地面的观察者来讲，水是由离心现象被甩出去的。

（二）离心泵的构造

离心泵的类型很多，且有不同的分类方法。按级数可分为单级和多级，进入泵的液体

仅一次通过叶轮的称单级，进入泵的液体多次串联地通过叶轮的称多级。按吸入方式可分为单吸和双吸，叶轮仅一侧有吸入口的称单吸，叶轮两侧都有吸入口的称双吸。按泵体剖分式可分为径向剖分式和轴向剖分式，以垂直于泵轴的平面剖分泵体的称径向剖分式，其中每一级都具有剖分面的称节段式；通过泵轴线的平面剖分壳体的称轴向剖分式，如果该平面为水平面，则称水平中开泵。按泵轴方向可分为卧式、立式和斜式。下面简略介绍单级单吸离心泵、单级双吸离心泵和节段式多级离心泵的构造。

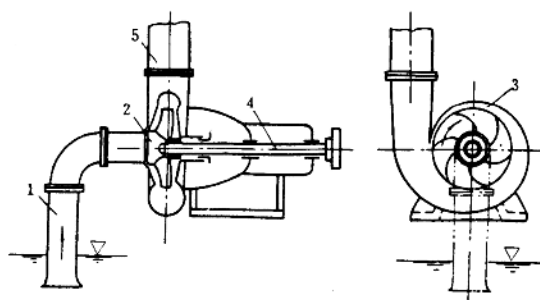


图 1-5 离心泵基本构造和抽水简图

1—进水管；2—叶轮；3—泵体；4—泵轴；5—出水管

1. 单级单吸离心泵

单级单吸离心泵常为卧式，它的结构如图1-6所示。由叶轮、泵体、泵轴和轴承、轴封等主要部分组成，现分述于下。

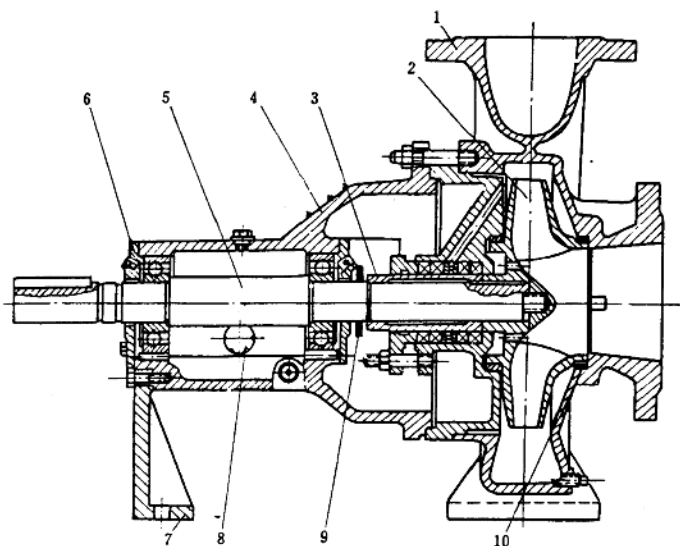


图 1-6 单级单吸离心泵结构图

1—泵体；2—叶轮；3—轴套；4—轴承体；5—轴；6—轴承端盖；
7—支架；8—油标；9—挡水圈；10—密封环

(1) 叶轮。把能量传给液体的具有叶片的旋转体称叶轮。它的几何形状、尺寸、所用材料和加工工艺等对泵的性能有着决定性的影响，所以它是泵的核心。

农用离心泵一般采用封闭式叶轮，它由前盖板、叶片、后盖板和轮毂组成，如图1-7、

1-8(a)所示。前盖板为形成叶轮流道吸入侧的盖板，后盖板为形成叶轮流道后侧壁与轮毂连在一起的盖板，轮毂为叶轮固定在泵轴上的部分。盖板之间装有6~12片向后弯曲的圆柱形或扭曲形叶片。叶片的主要作用是传递能量。叶片和盖板的内壁构成了弯曲的槽道，称为叶槽。叶轮前盖板中有一个进水口，当叶轮旋转时，水从进水口吸入，在惯性离心力的作用下，水流经叶槽后，从叶轮四周甩出，所以水在叶轮中的流动方向是轴向进水，径向出水。离心泵前后盖板不全的叶轮称开式叶轮，其中只有后盖板的叶轮称半开式叶轮，如图1-8(b)所示；前、后盖板都没有或只有很短的后盖板称为全开式叶轮，如图1-8(c)所示。开式、半开式叶轮多用于抽吸含有固体、纤维状物的液体。

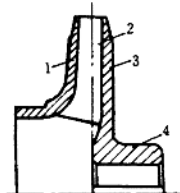


图 1-7 封闭式叶轮

1—前盖板；2—叶片；3—后盖板；4—轮毂

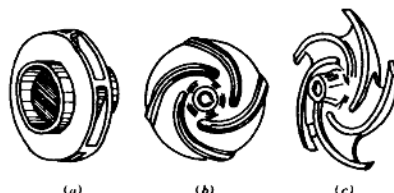


图 1-8 离心泵叶轮

(a) 封闭式；(b) 半开式；(c) 全开式

叶轮型式、形状和尺寸是根据水力设计并通过模型试验决定的，同时应能满足强度的要求。农用泵叶轮的材料多为铸铁，一般用HT20-40，大型水泵叶轮的材料一般用铸钢。叶轮铸件质量应符合要求，铸件不得有影响机械性能的铸造缺陷，叶槽要光洁平整，清砂除刺，否则会影响泵的性能和叶轮使用寿命。加工好的叶轮要作静平衡试验，消除不平衡重量，避免运行时泵发生振动。

泵在运行时，叶轮前后盖板外侧与泵体的间隙中充满了从叶轮中排出的有一定压力的液体，由于叶轮后盖板受排出液体作用的面积大于前盖板，因此产生了一个指向入口方向的轴向力，如图1-9所示。此力会使叶轮和轴发生向吸入方向的窜动，叶轮与泵体发生摩擦，造成零件损坏。因此，必须设法平衡或消除作用在叶轮上的轴向力。对单吸式离心泵常在叶轮后盖板靠近轮毂处开平衡孔，并在后盖板上加装密封环，如图1-6所示。泵工作时，后盖板密封圈内的液体与吸入口相通，其压力与吸入口压力相近，使叶轮两侧的压力大致平衡，少部分未被平衡的轴向力由轴承承受。但是，开了平衡孔后，水泵的效率有所降低，这种方法只适用于小型单级单吸离心泵。此外，还可在叶轮后盖板处用平衡管或加做平衡筋板的方法，使叶轮两侧压力达到平衡。

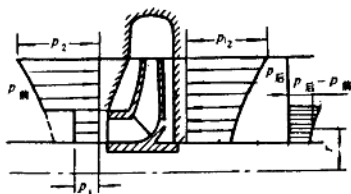


图 1-9 叶轮前后侧的压力分布

(2) 泵体和减漏环。泵体(壳体)是形成包容和输送液体外壳的总称，主要由泵盖和蜗形体组成，如图1-6所示。泵盖为泵的吸入室，其作用是将吸水管路中的水以最小的损失均匀地引向叶轮。图1-6为锥形管吸入室，其锥度一般为 $7^{\circ} \sim 18^{\circ}$ 。叶轮外圆侧直接形成的具有蜗形的壳体称蜗形体，它是泵的压出室，如图1-10

所示。蜗形体由蜗室、扩散管组成，扩散管的扩散角一般为 $8^{\circ}\sim 12^{\circ}$ 。其作用是汇集从叶轮中高速流出的液体，并输送到排出口；将液体的一部分动能转化为压能；消除液体从叶轮流出的旋转运动。蜗室起点处的隔舌与叶轮外径的间隙要适当，过小易引起液流阻塞而产生震动和噪音，过大增加能耗，降低泵的效率。泵体材料一般用HT 20-40。泵体及进、出口法兰上设有泄水孔、排气孔（灌水孔）和测压孔。用以停机后放水，起动时抽真空或灌水并安装真空表、压力表。

离心泵叶轮进口外缘与泵盖内缘之间配有一定的间隙。此间隙过大，从叶轮流出的高压水就会通过此间隙漏回到进水侧，以致减少泵的出水量，降低泵的效率。但过小时，又会引起机械磨损。所以，为了尽可能减少漏损，同时使磨损后便于修复或更换，一般在泵盖上或泵盖和叶轮上分别镶装一圆环，其材料一般用HT 25-47，如图1-6所示。由于其既可减少漏损，又能承受磨损，且位于水泵进口，故称减漏环，又称密封环、承磨环或口环。

（3）泵轴和轴承。泵轴的作用是支承并将动力传给叶轮。泵轴一端用键和叶轮螺母固定叶轮，轴上的螺纹旋向，在轴旋转时，使螺母处于拧紧状态。轴的另一端装联轴器或带轮，如图1-6所示。为保护轴免遭磨损，在对应于填料密封的轴段装轴套，轴套磨损后可以更换，轴套材料用HT 25-47。为保证泵工作可靠，轴应有足够的强度和刚性，轴的材料用45号碳素钢，轴表面不允许有发纹、压伤及其他缺陷。为防止水进入轴承，轴上有挡水圈或防水盘等挡水设施。

轴承是支承泵转子的部件，承受径向和轴向荷载。轴承分为滚动轴承和滑动轴承两大类。单级单吸离心泵通常采用单列向心球轴承，如图1-11所示。它由外圈、内圈、滚动体

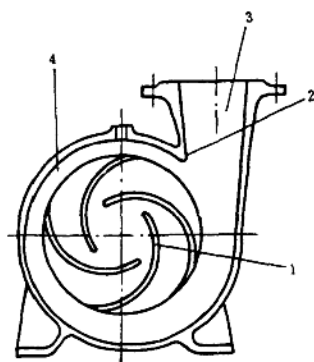


图 1-10 蜗形体

1—叶片；2—隔舌；3—扩散管；4—蜗室

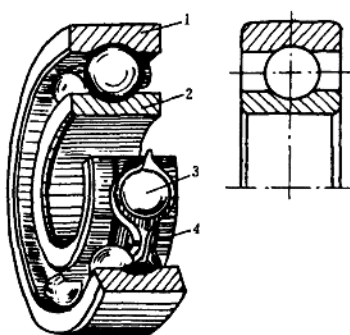


图 1-11 向心球轴承

1—外圈；2—内圈；3—滚动体；4—保持架

和保持架组成。内圈装在轴颈上，与轴一起旋转。外圈上有滚道，当内外圈相对旋转时，滚动体将沿着滚道滚动，保持架的作用是把滚动体均匀地隔开。单列向心球轴承除承受径向荷载外，亦可同时承受不太大的轴向荷载。轴承用稀油或干油润滑。轴承温升不得超过环境温度 40°C 。

（4）轴封。泵轴穿过泵体处，必然有间隙存在，从叶轮流出的高压水会通过此间隙大量流出。如果间隙处的压力为真空，则空气会从该处进入泵内。为此，必须设置轴封装