



普通高等教育“十一五”国家级规划教材
全国水利水电高职教研会推荐教材

水泵与水泵站

(第2版)

万亮婷 袁俊森 主编



黄河水利出版社

普通高等教育“十一五”国家级规划教材
全国水利水电高职教研会推荐教材

水泵与水泵站

(第2版)

主 编	万亮婷	袁俊森
副主编	刘林章	张志光
主 审	胡晓军	杨建国

黄河水利出版社

内 容 提 要

本书是普通高等教育“十一五”国家级规划教材,是按照国家对高职高专人才培养的规格要求及高职高专教学特点编写完成的。全书共分9章,主要内容包括水泵的工作原理与构造、叶片泵的性能、叶片泵的运行、机组的选型与配套、泵站工程规划及进出水建筑物、泵房、泵站的机组安装与运行管理、其他类型泵站、泵站设计工程实例等。每章前有学习目标,每章后附本章小结、思考题与习题。

本书为高职高专水利工程类专业的教材,亦可供相关专业教学及有关水利工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

水泵与水泵站/万亮婷,袁俊森主编. —2版. —郑州:黄河水利出版社,2008.1

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

ISBN 978-7-80734-338-7

I. 水… II. ①万…②袁… 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(2007)第 173830 号

组稿编辑:王路平 电话:0371-66022212 E-mail:wlp@yrcp.com

出 版 社:黄河水利出版社

地址:河南省郑州市金水路 11 号 邮政编码:450003

发行单位:黄河水利出版社

发行部电话:0371-66026940、66020550、66028024、66022620(传真)

E-mail:hhsclbs@126.com

承印单位:黄河水利委员会印刷厂

开本:787 mm × 1 092 mm 1/16

印张:15.5

字数:360 千字

版次:2003 年 1 月第 1 版

印数:10 101—14 200

2008 年 1 月第 2 版

印次:2008 年 1 月第 4 次印刷

书号:ISBN 978-7-80734-338-7/TV · 534

定价:26.00 元

再版前言

本书是普通高等教育“十一五”国家级规划教材,是根据《国务院关于大力发展职业教育的决定》、教育部《关于全面提高高等职业教育教学质量的若干意见》等文件精神,以及教育部对普通高等教育“十一五”国家级规划教材建设的具体要求组织编写的。

本书是在全国水利水电类高职高专统编教材《水泵与水泵站》基础上修订完成的。全书共分9章,包括水泵与水泵站两大部分。水泵部分主要包括水泵的工作原理、构造、拆装、性能、工作点的确定与调节、汽蚀与安装高程的确定、选型与配套;水泵站部分主要包括泵站工程的规划设计与运行管理、泵站工程设计实例等内容。每章均编写有学习目标、本章小结和一定数量的思考题与习题。

本书在编写过程中力求深入浅出,概念清晰,密切联系工程实际,重点突出高职高专专业教学内容、技能培训、职业技能鉴定三位一体的工学结合特色,理论知识以够用为度,打破知识系统性,着重培养学生的应用能力。

参加本书编写工作的有(按章节顺序):黄河水利职业技术学院袁俊森(绪论、第七章);杨陵职业技术学院刘林章(第一章)、万亮婷(第二章、第九章、附录);沈阳农业大学高等职业技术学院石丽忠(第三章);黄河水利职业技术学院陶永霞(第四章、第六章);山东水利职业技术学院张志光(第五章);山西水利职业技术学院刘春晖(第八章)。本书由万亮婷和袁俊森任主编,刘林章和张志光任副主编,万亮婷统稿,安徽水利水电职业技术学院胡晓军和西北农林科技大学水利与建筑工程学院杨建国任主审。

本书在编写过程中,得到了有关院校和生产单位的热情帮助,参考与引用了有关文献、资料的部分内容,在此一并表示感谢。

由于编者水平有限,不足之处在所难免,恳请广大读者对本书存在的缺点和错误提出批评和指正。

编 者

2007年7月

前 言

本书是根据教育部《关于加强高职高专人才培养工作意见》和《面向 21 世纪教育振兴行动计划》等文件精神,以及全国水利水电高职教研会拟定的教材编写规划,报水利部批准,用中央财政安排的“支持示范性职业技术学院建设”项目经费组织编写的水利水电类全国统编教材。

本教材是根据全国水利水电高职教研会审定的《高等职业技术教育农业水利技术专业指导性教学计划》,按照《水泵与水泵站》教材编写大纲编写的。力求突出高等职业技术教育教材的特点,按照教学计划要求,着重于教材的实用性,以培养学生的应用能力为主线,注意反映本学科的新发展和新成就,尽量做到由浅入深、循序渐进和理论与实际的联系。

参加本书编写工作的有:黄河水利职业技术学院袁俊森(绪论、第十章)、陶永霞(第五、八章);杨凌职业技术学院万亮婷(第二章、附录)、刘林章(第一、九章);山东水利职业学院张志光(第六、七章);沈阳农业大学高等职业技术学院石丽忠(第三、四章)。本书由袁俊森和万亮婷任主编,袁俊森统稿,安徽水利水电职业技术学院胡晓军任主审。

编写过程中得到了有关院校和生产单位的热情协助,在此一并表示感谢。诚恳地希望读者对本书存在的缺点和错误提出批评和指正。

编 者

2002 年 7 月

目 录

再版前言

前 言

绪 论 (1)

第一章 水泵的工作原理与构造 (5)

第一节 泵的定义和分类 (5)

第二节 叶片泵的工作原理与构造 (6)

第三节 排灌工程中常用的其他类型泵 (18)

第四节 叶片泵的拆卸与装配 (23)

本章小结 (29)

思考题与习题 (30)

第二章 叶片泵的性能 (31)

第一节 叶片泵的性能参数 (31)

第二节 叶片泵的基本方程 (36)

第三节 叶片泵的性能曲线 (39)

第四节 叶片泵的相似律和比转速 (45)

本章小结 (49)

思考题与习题 (50)

第三章 叶片泵的运行 (51)

第一节 叶片泵的抽水装置及抽水总扬程 (51)

第二节 叶片泵运行工况的确定 (53)

第三节 叶片泵并联与串联运行 (56)

第四节 叶片泵运行工况的调节 (60)

第五节 叶片泵汽蚀性能及安装高程的确定 (66)

本章小结 (77)

思考题与习题 (77)

第四章 机组的选型与配套 (79)

第一节 叶片泵的选型 (79)

第二节 动力机的配套 (82)

第三节 传动方式 (85)

第四节 管路及其附件的配套 (88)

本章小结 (93)

思考题与习题 (93)

第五章 泵站工程规划及进出水建筑物	(94)
第一节 泵站工程规划	(94)
第二节 进水建筑物	(107)
第三节 出水池	(117)
第四节 出水管道	(124)
本章小结	(132)
思考题与习题	(133)
第六章 泵 房	(135)
第一节 泵房的结构型式	(135)
第二节 泵房设备布置及尺寸确定	(139)
第三节 泵房结构设计	(149)
本章小结	(157)
思考题与习题	(157)
第七章 泵站的机组安装与运行管理	(158)
第一节 水泵机组与管道的安装	(158)
第二节 泵站的运行管理与故障排除	(166)
第三节 泵站技术经济指标及节能技术	(172)
本章小结	(181)
思考题与习题	(182)
第八章 其他类型泵站	(183)
第一节 井泵站	(183)
第二节 移动式泵站	(185)
第三节 污水泵站	(189)
本章小结	(191)
思考题与习题	(191)
第九章 泵站设计工程实例	(193)
第一节 设计资料	(193)
第二节 设计部分	(193)
附录	(221)
参考文献	(242)

绪 论

一、我国机电提水工程的发展概况

机电提水工程(水泵站)是土木、建筑、机械、电气设备等多种技术汇集,以提水为功能的综合水利工程。一般由水工建筑物、机械设备和电气设备三部分组成,是当今解决洪涝灾害、干旱缺水、水环境恶化三大水资源问题的有效工程措施之一,承担着区域性的防洪、除涝、调水和供水的重任,主要用于农田排灌、城市给排水及跨流域调水等方面。机电提水工程与自流排灌工程相比,一般无须建大型蓄水或引水建筑物,受水源、地形、地质等条件的影响较小,一次投资省、工期短、见效快、机动灵活等。但是,泵站作为重要的工程措施,能耗、设备维护和更新费用较高。尽管如此,许多国家还是把泵站工程建设列为优先考虑的重点。泵站作为耗能大户,节能与节水问题一样重要。因此,泵站的经济运行和优化管理就显得尤为重要。

传统的提水工具在我国出现很早,品种也很多。西汉以前,使用最普遍的提水工具为桔槔,后因桔槔不便于提深水,乃有辘轳的问世。汉灵帝(公元 168 ~ 189 年)时,人们发明了翻车(俗称龙骨水车)。到宋代,翻车发展到了用畜力和水力驱动。到了元代(1300 年左右),改翻车为筒车,提水高度达 70m。至明朝末年,构造比较复杂的斗子水车(即八卦水车)出现。

19 世纪末,柴油机的发明改变了传统的提水方式,由人畜、自然能提水发展为机械能提水。1920 年,我国开始仿制小型柴油机与水泵。1924 年,上海、江苏开始生产离心式水泵,浙江一带相继兴建起水泵站,进行农田灌溉。直到新中国成立,全国机电排灌动力 7.17 万 kW,受益面积 25.2 万 hm^2 ,占当时全国灌溉面积的 1.6%。

新中国成立后,在中国共产党的领导下,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、高原灌区的大力发展、沿江滨湖渍涝地区的不断改造、地下水资源的开发和利用,以及多目标的大型跨流域调水工程的规划与实施等,我国机电提水排灌事业快速发展,排灌设备容量及排灌效益成百倍地增长。到目前,我国已建成大、中、小型固定泵站 50 多万座,总装机容量 7 000 余万 kW,机电排灌面积近 3 330 万 hm^2 ,泵站的灌溉和排涝面积分别占全国有效灌溉面积和排涝面积的 56% 与 21%。无论是高原地区、沿海滨湖地区或平原丘陵和山区,星罗棋布地分布着各种类型的水泵站。此外,建成了大量的用于城镇供排水的给水泵站、雨水泵站和污水泵站。这些水泵站在防洪、排涝、抗旱减灾、保证工农业用水和城乡居民生活用水、提高人民生活水平、促进国民经济发展等各个方面发挥了重要作用,取得了显著的社会、经济效益。

(一) 我国机电提水工程的类型

我国地域辽阔,各地自然条件差异较大,故建站的任务各不相同,大致可划分为以下几种类型:

(1) 高扬程提灌泵站。这类泵站主要分布于地处黄土高原的陕西、甘肃、宁夏、山西等省(区),这些地区由于原高沟深,雨量稀少,农田灌溉和人畜饮水贫乏,必须发展高扬

程泵站,其工程的主要特点是扬程高、梯级多、工程艰巨。典型工程如陕西东雷抽黄工程,其一期工程于1987年建成,分9级提水,包括28座泵站,133台机组,累计净扬程311 m,总装机容量11.86万kW,提水流量40 m³/s,灌溉面积6.5万hm²。其中二级站装有单泵扬程高达225 m的“黄河2号”双级单吸离心泵,单机流量2.2 m³/s,单机功率0.8万kW。二期工程于2000年6月也基本建成,分8级提水,包括37座泵站,170台机组,总装机容量11.34万kW,提水流量41.4 m³/s,灌溉面积8.43万hm²,同时还解决30万人的生活用水。其中北干二级站装有目前亚洲单机容量最大的1200-LW-60型立式离心泵,该站总装机容量4.26万kW。再如甘肃省景泰川提水工程,总体规划提水40 m³/s,共分11级,总扬程445 m,总装机容量6.42万kW。

(2)井灌泵站。这类泵站主要分布于以华北平原为主的北方地区,如我国华北、西北、华中等干旱地区,这里河流、湖泊稀少,降雨量少,地表水严重不足。所以,积极开发利用地下水资源,开展机井建设,便成了农业灌溉的重要途径。

(3)低扬程排灌泵站。这类泵站主要分布于长江三角洲、珠江三角洲、江汉平原及洞庭湖区。这些平原河网地区地势平坦而低洼,雨量丰沛,水源充足,土壤肥沃,是我国的主要产粮区。但往往会因暴雨而积涝成灾。汛期水源水位高于田面,圩内渍水不能自排;天旱时,水源水位又低于田面,不能自流引水灌溉。为保证农业生产就需要兴建大量排灌泵站。其特点是扬程低、流量大,一般选用轴流泵或混流泵。典型工程如位于江苏省的江都排灌站,它是我国目前提水量最大的排灌站,共有4座大型泵站,共安装33台轴流泵,总提水流量473 m³/s,总装机容量4.98万kW。该站除灌溉农田93.3万hm²外,兼有排涝、蓄能、水运、调水等功能。

(4)跨流域调水泵站。我国水资源的时空分布差异很大,部分区域和地方的资源性缺水十分严重,而跨流域调水是解决这一问题的根本途径,它将多水区的富裕水量跨流域调入缺水地区,以满足社会经济发展对水资源的需求。典型工程如引滦入津、引黄济青及南水北调工程。

(5)水轮泵站。我国中南、西南水力资源丰富地区,可根据地区水力资源的特点,兴建水轮泵站。在我国已建的2万多座水轮泵站中,贵州新民水轮泵站的总提水净扬程高达300 m。

从我国机电提水工程建设及其发展过程来看,其显著的特点是:数量大,范围广,类型多,发展速度快。在工程规模上,以中、小型水泵站为主,大、中、小型相结合。在祖国大地上,建成了具有中国特色的机电提水工程体系。机电提水工程方面取得了很大的进步,产品的系列化、标准化和通用化程度大幅度提高,形成了轴流泵、混流泵、离心泵、潜水泵和水轮泵等农用水泵及用于其他方面的多种类型泵系列。一些低扬程泵站,一站同时具有灌溉、排水、发电等几种功能,一机多用。对于大型泵站,过去那些单一的肘管进水、虹吸出水的进出水流道,也发展成为双向进水或钟形进水、直管出水的形式,还设计了贯流式泵站。我国机电提水工程,在数量上和规模上均占据世界首位。

近年来,随着计算机技术的不断发展,我国泵站工程中采用计算机进行保护与监控越来越普及,监控系统的开发与研究也进入了一个全新的阶段。如东深供水改造工程计算机监控系统综合应用自动控制技术、计算机和IP技术及通信技术,构筑出大型跨流域梯

级调水工程的分层分布式和开放式的监控系统,在系统中首次采用多星形 100/1000 M 冗余因特网技术和 600 M 多环综合通信网络技术,构成了复杂、多网、多链路的系统网络。同时,该计算机监控系统对不同的现场总线技术进行集成,实现了众多设备现场数据采集的全面数字化。在工业电视系统中,首次实现了对视频信号进行跨网络、无矩阵的切换与控制。该计算机监控系统的成功开发为我国泵站实现现代化提供了十分宝贵的经验。

从 20 世纪 80 年代后期起,是大型泵站建设的巩固提高和稳步发展阶段,泵站建设管理由以外延为主转向以内涵为主。此时,泵站更新改造也逐渐为人们所重视。《机电排灌站经营管理暂行办法》、《泵站技术规范》(SD 204—86)、《泵站技术改造通则》、《泵站现场测试规程》(SD 140—85)、《泵站设计规范》(GB/T 50265—97)、《泵站技术改造规程》(SL 254—2000)、《泵站技术管理规程》(SL 255—2000)、《泵站安全鉴定规程》(SL 216—2004)、《泵站安装及验收规范》(SL 317—2004)等规程规范相继出台。这些规程规范的实施,对保证泵站工程质量,节省工程投资,实现泵站节能节水,提高泵站工程效益起着重要作用,为提高机电提水工程的科学技术水平和管理水平提供了科学依据。

(二)当前要解决的问题

从我国机电提水工程的总体情况来看,主要存在的问题是:泵站的装置效率低,能源消耗偏大,自动化程度普遍不高,管理水平低。据有关资料统计,全国有一半以上的泵站,其装置效率在 50% 以下,有的甚至低至 20% ,有的提水灌区,渠道渗漏严重,水的利用率低,有 30% ~ 50% 的水量漏失。针对这些情况,当前应从以下几个方面做好工作:

(1)搞好规划、设计。泵站规划、设计的合理与否,直接影响着泵站效益的发挥。新建泵站必须科学、合理地进行规划,提高设计水平,为充分发挥效益提供可靠的保证。

(2)加强经营管理,提高管理水平。规划、设计是前提,管理是关键。一个泵站规划、设计得再好,如果管理不善,仍不能充分发挥其效益。因此,加强经营管理,提高泵站管理人员的管理水平,对于充分发挥泵站的效益是至关重要的。

(3)重视科学研究,提高装置效率。在泵的结构设计、动力机配套、泵站设计理论等方面重视科学研究工作,提高泵站的装置效率,从而达到降低能耗,提高泵站工程效益之目的。

(4)进行泵站改造,更新设备,提高自动化程度。随着科学技术的发展,我国早年兴建的一些泵站普遍存在的问题是设备老化,性能较差,自动化程度低,能耗偏大,工程效益难以发挥。因此,进行泵站改造,更新设备,提高自动化程度,对于降低能耗,充分发挥泵站的工程效益是非常必要的。

二、机电提水工程在国民经济中的作用

我国水资源的人均占有量仅相当于世界人均水量的 1/4,由于地形和气候的影响,降雨量的季节变化和地区变化很大,有一半国土水源不足。如我国西北高原地区、南方丘陵地区和华北井灌地区,或是干旱少雨,或是有水不能自流灌溉,必须采用机电提水;而国土的另一部分,如华北的平原河网地区,以及华东、华中的圩垸低洼地区,地势低洼易涝,又需要采用机电排水。所以,我国农业方面的灌溉、排涝任务是非常艰巨的。再者,城镇居民生活、公共事业及工矿企业用水等需要兴建供水泵站,城镇雨水、污水排放需要兴建雨

水泵站和污水泵站。为解决缺水地区人畜饮水的困难,也需要兴建机电提水工程。根据《中国水资源公报》,2000年我国北方大部分和南方部分地区由于降雨量减少,旱灾严重,旱灾先后波及20多个省(自治区、直辖市),北方一些大中城市出现了新中国成立以来最为严峻的缺水局面。通过流域水资源统一管理和优化配置、合理调度,取得了抗旱胜利。而跨流域调水又离不开机电提水工程。已建成的引滦入津工程,将滦河水跨过海河,穿越燕山,经3级提水送入天津,共建大型泵站4座,安装大型轴流泵27台,总装机容量2万kW。拟建中的以长江为水源的南水北调东线第一期工程,新建和扩建泵站20座,提水总流量 $500\text{ m}^3/\text{s}$,除满足沿线工矿、城市居民及航运用水外,可灌溉水稻田近100万 hm^2 。第二期工程扩大流量 $200\text{ m}^3/\text{s}$,过黄河向华北输水,共建泵站37座,总装机容量80万kW。从我国国民经济的发展来看,在保证农业高产稳产、夺取历次抗洪抗旱胜利的过程中,机电提水工程发挥了极其重要的作用。如1978年17个省(市)发生旱灾,各地开了总功率约1500万kW(2100多万马力)的柴油机和1000万kW的电动机,共引提1700多亿 m^3 的水量进行灌溉,相当于黄河3年的总水量,挽回粮食200多亿kg、棉花500万担,充分显示了机电提水工程的威力。2000年全国农田灌溉用水量达3100亿 m^3 ,城镇生活用水30亿 m^3 ,工业用水1000多亿 m^3 。2001年江苏发生秋旱,为确保秋播用水,江苏省防汛抗旱指挥部采取应对措施,江都、淮安、淮阴等抽水站紧急开启,向淮北地区抽调长江水。江苏江水北调工程沿线累计抽水量达127亿 m^3 ,其中江都抽水站直接抽送江水相当于近两个洪泽湖的正常蓄水量。

由上述可知,机电提水工程对于保证农业稳产高产,促进我国农业的发展,保证城镇和农村的生活用水,提高人民的生活水平和改善生活条件,促进国民经济的发展和社会的稳定都有着重要的作用。

三、本课程的性质、任务和主要内容

《水泵与水泵站》是水利工程专业的专业必修课,亦可作为水利类其他专业的选修课。本课程的主要任务是使学生通过学习熟悉和掌握叶片泵、设备选型配套、泵站规划设计及泵站机组安装与运行管理的基本知识,树立整体观念;同时,结合作业、技能培训、课程实训等实践性教学环节,培养和提高学生的实际动手能力及独立分析问题、解决问题的能力。

本课程的主要内容包括以下四个方面:

(1)水泵。主要介绍水泵的类型、构造和拆装方法,叶片泵的基本知识,叶片泵工作点的确定,机组的选型与配套。

(2)泵站工程规划与进出水建筑物。主要介绍灌溉泵站及排水泵站的站址选择、枢纽布置、设计参数确定和进出水建筑物设计的有关知识。

(3)泵房设计。主要介绍泵房的结构型式、内部布置、尺寸设计及泵房整体稳定分析。

(4)泵站的机组安装与运行管理。主要介绍水泵及管道的安装方法、水泵运行的步骤、水泵常见故障原因及排除方法、泵站管理的一般知识及泵站的测试技术和节能技术。

第一章 水泵的工作原理与构造

本章从泵的定义和对泵的分类着手,主要分析叶片式水泵的工作原理,介绍叶片式水泵的结构构造以及排灌工程中常用的其他类型泵的主要特点,并对常用叶片泵的拆卸与装配方法进行扼要介绍。

第一节 泵的定义和分类

泵是一种转换能量的机械。它通过工作体的运动,把外加的能量传给被抽送的液体,使其能量(位能、压能、动能)增加。工作体因泵的种类不同而异,既可以是固体,也可以是液体或气体。用于输送水的泵,叫水泵。

泵的用途很广,在工业、农业、建筑、电力、石油、化工、冶金、造船、轻纺、矿山开采和国防等国民经济各部门中占有重要的地位。用于农业灌溉及排水的泵被称为农用水泵。

农用水泵品种繁多,结构各异,按工作原理可分为以下几种。

一、叶片式泵

叶片式泵按工作原理的不同,可分为离心泵、轴流泵和混流泵三种。

离心泵按其基本结构、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。

轴流泵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、半调节式和全调节式。

混流泵按结构型式分为蜗壳式混流泵和导叶式混流泵。

叶片泵按照使用范围和结构特点的不同,还有长轴井泵、潜水电泵、水轮泵等。长轴井泵具有长传动轴,泵体潜入井中抽水;根据扬程的不同,又分为浅井泵、深井泵和超深井长轴泵。潜水电泵的泵体与电动机联成一体潜入水中抽水;根据使用场合不同,又分为作业面潜水电泵、深井潜水电泵。水轮泵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。按使用水头和结构特点分为低、中、高水头轴流式水轮泵和低、中、高水头混流式水轮泵。

二、容积式泵

容积式泵是依靠工作室容积的周期性变化输送液体的。容积式泵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。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。

三、其他类型泵

叶片式泵和容积式泵以外的特殊泵型称为其他类型泵。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。

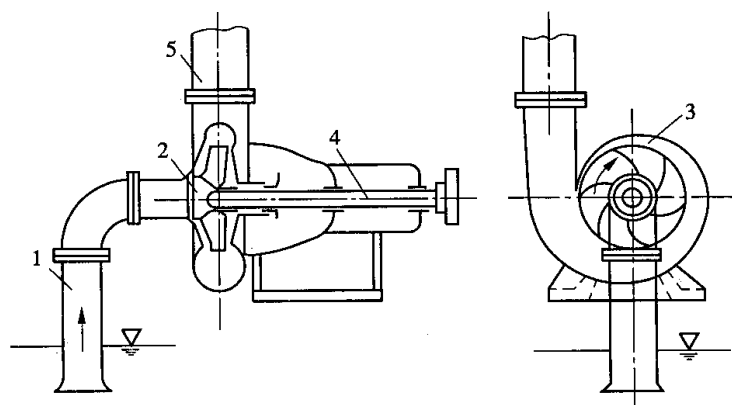
叶片泵覆盖了从低扬程到高扬程、从小流量到大流量的广阔区间,使用范围宽广。在排灌用泵中使用最多的是叶片式泵。因此,本教材将着重讲解叶片式泵。

第二节 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 1-1 为单级单吸离心泵基本构造示意图,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。离心泵在启动前应充水排气。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在泵体内被导向出水口,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。



1—进水管;2—叶轮;3—泵体;4—泵轴;5—出水管

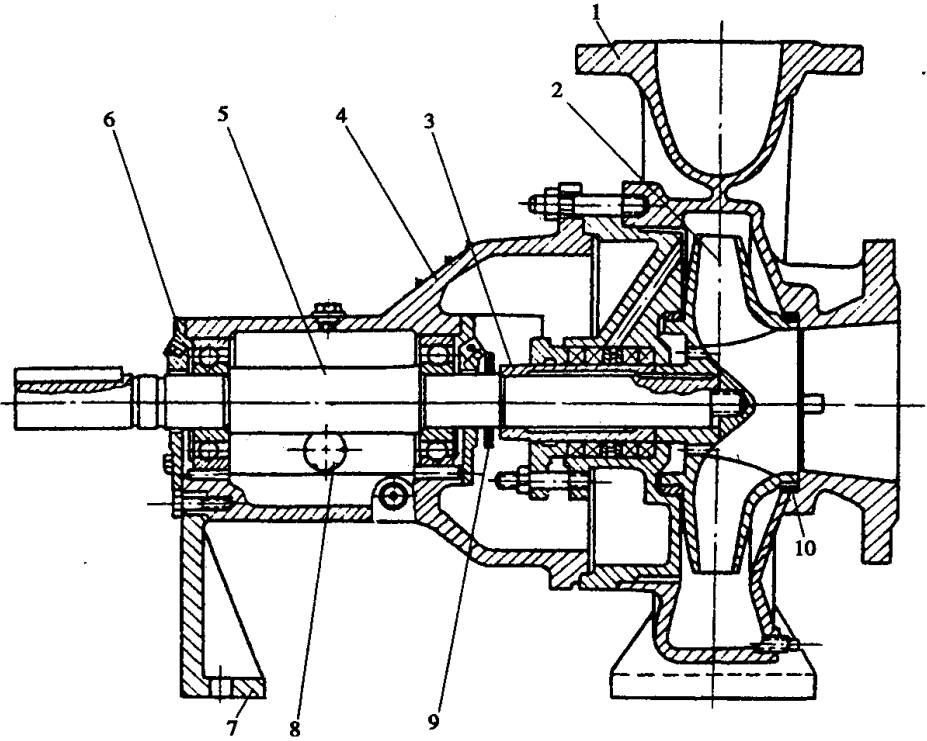
图 1-1 单级单吸离心泵基本构造示意图

(二) 离心泵的构造

不同类型的离心泵其构造各不相同。离心泵按泵轴上叶轮个数的多少可分为单级泵和多级泵;按吸入方式可分为单吸泵和双吸泵,叶轮仅一侧有吸入口的称单吸泵,叶轮两侧都有吸入口的称双吸泵;按泵轴安装方向可分为卧式泵、立式泵和斜式泵;按是否需要充水排气可分为普通离心泵和自吸离心泵。下面简略介绍单级单吸离心泵、单级双吸离心泵、分段式多级离心泵及自吸离心泵的构造。

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 1-2 所示。由叶轮、泵体、减漏环、泵轴、轴承以及轴封等主要部分组成,各部分的作用及制造要求如下。

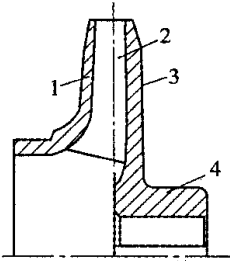


1—泵体;2—叶轮;3—轴套;4—轴承体;5—轴;6—轴承端盖;7—支架;8—油标;9—挡水圈;10—密封环

图 1-2 单级单吸离心泵结构图

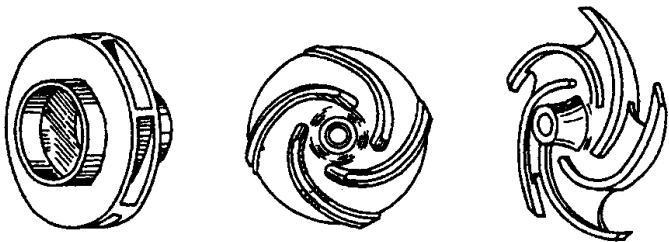
(1) 叶轮。叶轮是把能量传递给液体的具有叶片的旋转体。它的几何形状、尺寸、所用材料和加工工艺等对泵的性能有着决定性的影响,所以它是泵的核心。

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 1-3、图 1-4(a)所示。前、后盖板之间装有 4~12 个向后弯曲的圆柱或扭曲形叶片。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,水流经叶槽从叶轮的四周甩出,所以水在叶轮中的流动方向是轴向进水、径向出水。前、后盖板不全的叶轮称为开式叶轮,其中只有后盖板的叶轮称为半开式叶轮,如图 1-4(b)所示;前、后盖板都没有或只有很短后盖板的叶轮称为全开式叶轮,如图 1-4(c)所示。



1—前盖板;2—叶片;3—后盖板;4—轮毂

图 1-3 封闭式叶轮



(a) 封闭式

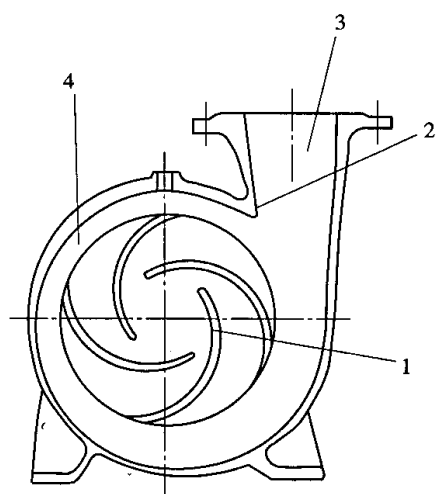
(b) 半开式

(c) 全开式

图 1-4 离心泵叶轮

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,也可采用铸铜,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。加工好的叶轮要做静平衡试验,消除不平衡重量,避免运行时水泵发生振动。

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,此力会使叶轮和泵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的轴向力。对于单吸式离心泵,常在叶轮后盖板靠近轮毂处开一个平衡孔,并在后盖板上加装密封环。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采用加做平衡筋板的方法,使叶轮两侧压力达到平衡。



1—叶片;2—隔舌;3—扩散管;4—蜗室

图 1-5 蜗形体

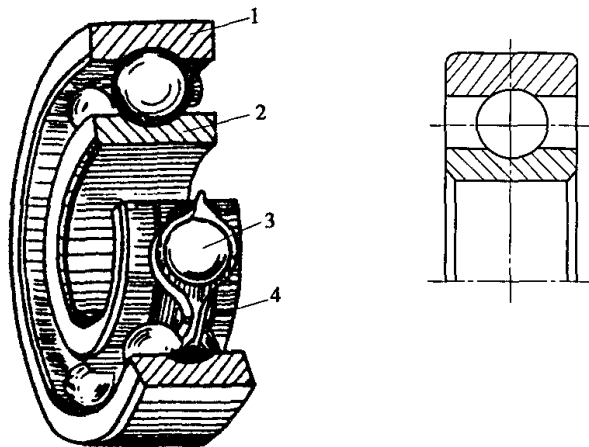
(2)泵体。泵体(壳体)是形成包容和输送液体外壳的总称,主要由泵盖和蜗形体组成。泵盖为水泵的吸入室,是一段渐缩的锥形管,锥度一般为 $7^{\circ} \sim 18^{\circ}$,其作用是将吸水管路中的水以最小的损失均匀地引向叶轮。叶轮外圆侧直接形成的具有蜗形的壳体称蜗形体,它是泵的压出室,如图 1-5 所示。蜗形体由蜗室和扩散管组成,扩散管的扩散角一般为 $8^{\circ} \sim 12^{\circ}$ 。其作用是汇集从叶轮中高速流出的液体,并输送到排出口;将液体的一部分动能转化为压能,消除液体的旋转运动。泵体材料一般为铸铁。泵体及进、出口法兰上设有泄水孔、排气孔(灌水孔)和测压孔,用以停机后放水、启动时抽真空或灌水并安装真空表、压力表。

(3)减漏环。离心泵叶轮进口外缘与泵盖内缘之间留有一定的间隙。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,叶轮转动时就会和泵盖发生摩擦,引起机械磨损。所以,为了尽可能减少漏损和磨损,同时使磨损便于修复或更换,一般在泵盖上或泵盖和叶轮上分别镶装一精制铸铁圆环,由于其既可减少漏损,又能承受磨损,便于更换且位于水泵进口,故称减漏环,又称密封环、承磨环或口环。

(4)泵轴。泵轴的作用是将动力传给叶轮。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皮带轮,如图 1-2 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。泵轴为受弯、受扭构件,为保证泵工作可靠,必须具有足够的强度和刚度,其挠度不得超过允许值。泵轴常用优质碳素钢制成,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。

(5)轴承。轴承用以支承泵转子部分的重量以及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 1-6 所示。



1—外圈;2—内圈;3—滚动体;4—保持架

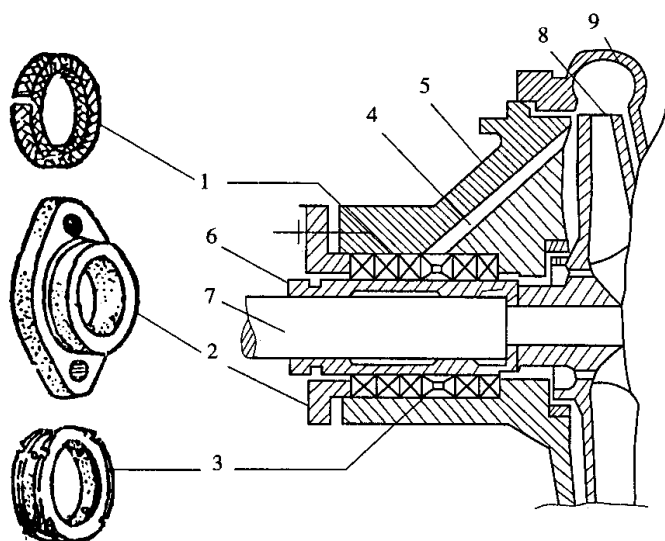
图 1-6 向心球轴承

(6)轴封。泵轴穿过泵体处,必然有间隙存在,为了防止高压水通过此间隙大量流出和空气从该处进入泵内,必须设置轴封装置。填料密封是最常用的一种轴封型式,它由底衬环、填料、水封环、水封管和填料压盖等零件组成,如图 1-7 所示。填料密封依靠填料与轴套的紧密接触以及填料中的润滑剂被挤出后在接触面上形成的油膜实现密封。底衬环和填料压盖套在轴上填料的两端,起阻挡和压紧填料的作用。填料压紧的程度,用压盖上螺母来调节。如果压得过紧,填料与轴套摩擦损失迅速增加,缩短填料和轴套的使用寿命,严重时发热、冒烟,甚至将填料与轴套烧焦;如果压得过松,泄漏增加,泵的效率降低。因此,填料应压得松紧合适,一般以液体漏出时成滴为宜。填料中部的水封环,是一个中间凹下、外周凸起的圆环,环上开有若干个小孔,水封环对准水封管。水泵运行时,泵内压力较高的水,通过水封管进入水封环,引入填料进行水封,同时还起冷却、润滑作用。

单级单吸离心泵的特点是扬程较高,流量较小,结构简单,维修容易,体积小,重量轻,移动方便;泵的出水口方向可按安装使用要求作 90° 、 180° 及 270° 的调整。单级单吸离心泵目前主要有 IB、IS、B、BA 等四个系列。IB、IS 与 B、BA 系列泵的构造基本相同,是 B、BA 系列泵的更新产品。它是按照 ISO2858 国际标准设计,性能指标和标准化、系列化、通用化水平都比老产品有较大提高的泵型,其适用范围:转速为 2 900 r/min 或 1 450 r/min,泵进口直径为 50 ~ 200 mm,流量为 6.3 ~ 400 m^3/h ,扬程为 5 ~ 125 m,用于丘陵山区和一些小型抽水灌区。

2. 单级双吸离心泵

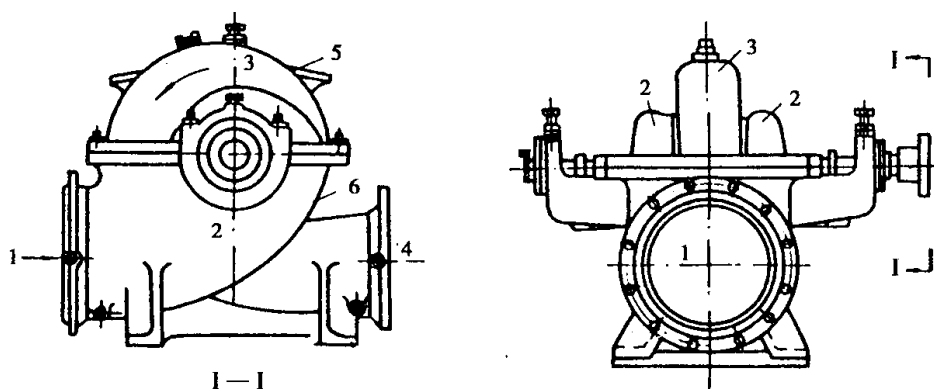
单级双吸离心泵的外形如图 1-8 所示,其结构如图 1-9 所示。它的主要零件与单级单吸离心泵基本相似,所不同的是:双吸泵的叶轮是对称的,好像是由两个相同的单吸式叶轮背靠背地连接在一起,水从两面进入叶轮。叶轮用键、轴套和两侧的轴套螺母固定,其轴向位置可通过轴套螺母进行调整;双吸泵的泵盖与泵体共同构成半螺旋形吸入室和蜗形压出室。泵的吸入口和出水口均铸在泵体上,呈水平方向,与泵轴垂直。水从吸入口



1—填料;2—填料压盖;3—水封环;4—水封管;5—泵盖;6—轴套;7—泵轴;8—叶轮;9—泵壳

• 图 1-7 单级双吸离心泵的填料密封

流入后,沿着半螺旋形吸入室从两面流入叶轮,故该泵称为双吸泵;泵盖与泵体的接缝是水平中开的,故又称水平中开式泵。双吸泵在泵体与叶轮进口外缘配合处装有两只减漏环,称双吸减漏环。在减漏环上制有突起的半圆环,嵌在泵体凹槽内,起定位作用;双吸泵在泵轴穿出泵体的两端共装有两套填料密封装置,水泵运行时,少量高压水通过泵盖中开面上的凹槽及水封环流入填料室中,起水封作用;双吸泵从进水口方向看,在轴的右端安装联轴器,根据需要也可在轴左端安装联轴器,泵轴两端用轴承支承。轴承型式一般用单列向心球轴承,当轴径与转速的乘积 $Dn > 300\,000\text{ mm} \cdot \text{r/min}$ 时采用滑动轴承。



1—吸入口;2—半螺旋形吸入室;3—蜗形压出室;4—出水口;5—泵盖;6—泵体

图 1-8 单级双吸离心泵外形图

单级双吸离心泵的特点是流量较大,扬程较高;泵体是水平中开的,检修时不需拆卸电动机及管路,只要揭开泵盖即可进行检查和维修;由于叶轮对称布置,叶轮的轴向力基本达到平衡,故运转较平稳;由于泵体比较笨重,占地面积大,故适宜于固定使用。单级双吸离心泵目前有 S、Sh 两个系列。S 系列泵是 Sh 系列泵的更新产品,泵的性能指标比 Sh 系列泵更先进,其适用范围:泵进口直径为 $150 \sim 1\,400\text{ mm}$,转速为 $360 \sim 2\,900\text{ r/min}$,流量为 $162 \sim 18\,000\text{ m}^3/\text{h}$,扬程为 $12 \sim 125\text{ m}$ 。广泛用于丘陵山区较大面积的农田灌溉。