

全国高职高专水利水电类专业规划教材

水泵与水泵站

余金凤 张永伟 主编
马述娟 主审



黄河水利出版社

SHUIBENG YU SHUIBENGZHAN

组稿编辑 王路平
马 翀
责任编辑 田丽萍
封面设计 谢 萍
责任校对 王晓燕
责任监制 常红昕

ISBN 978-7-80734-693-7



9 787807 346937 >

定价：24.00 元

全国高职高专水利水电类专业规划教材

水泵与水泵站

主 编 余金凤 张永伟
副主编 刘军号 王建军
 陈海雄 刘 帅
主 审 马述娟

黄河水利出版社

· 郑州 ·

内 容 提 要

本书是全国高职高专水利水电类专业规划教材,是根据全国水利水电高职教研会制定的水泵与泵站课程教学大纲编写完成的。全书分为四个单元,共10章,主要内容包括叶片泵的选择与安装、泵站设计、泵站运行与管理、泵站工程设计示例等。每单元前有学习目标和要求,每章后附有本章小结、思考题与习题。本书是为适应国家高等职业技术教育的发展而编写的,突出了水泵基本知识的应用能力。

本书为高职高专水利工程类专业的教材,亦可供成人高等学校师生及相关水利工程技术人员等参考。

图书在版编目(CIP)数据

水泵与水泵站/余金凤,张永伟主编. —郑州:黄河水利出版社,2009.9

全国高职高专水利水电类专业规划教材

ISBN 978 - 7 - 80734 - 693 - 7

I. 水… II. ①余…②张… III. ①水泵 - 高等学校:技术学校 - 教材②泵站 - 高等学校:技术学校 - 教材 IV. TV675

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 141967 号

组稿编辑:王路平 电话:0371 - 66022212 E-mail:hhslwlp@163.com
马 种 66026749 machong2006@126.com

出 版 社:黄河水利出版社

地址:河南省郑州市顺河路黄委会综合楼 14 层 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:hhslcbs@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:13

字数:300 千字

印数:1—4 100

版次:2009 年 9 月第 1 版

印次:2009 年 9 月第 1 次印刷

定价:24.00 元

前 言

本书是根据《教育部、财政部关于实施国家示范性高等职业院校建设计划,加快高等职业教育改革与发展的意见》(教高[2006]14号)、《教育部关于全面提高高等职业教育教学质量的若干意见》(教高[2006]16号)等文件精神,由全国水利水电高职教研会拟定的教材编写规划,在中国水利教育协会指导下,由全国水利水电高职教研会组织编写的第二轮水利水电类专业规划教材。第二轮教材以学生能力培养为主线,具有鲜明的时代特点,体现出实用性、实践性、创新性的教材特色,是一套理论联系实际、教学面向生产的高职高专教育精品规划教材。

在本书的编写过程中,编者根据高职高专的特点,本着“以应用为目的,以必需、够用为度”的原则,将本书分为四个单元。单元一主要阐述叶片泵的工作原理、构造、性能和合理选用等基本知识,重点突出叶片泵的基本性能、工作点确定和调节,以及合理选用水泵和正确安装水泵等基本技能。单元二着重突出高等职业技术教育培养应用型、技能型人才的教学要求,着重阐述泵站主要建筑物的设计,突出泵站的工程规划,进出水建筑物布置及设计,泵房的类型、设备布置和设计,对其他类型泵站如井泵、潜水泵、移动式泵站也进行了较详尽的阐述,通过学习能掌握中小型泵站初步规划、设计的专业技能。单元三主要阐述泵站运行管理方面的基本知识,突出泵站经济管理、规范运行和常见水泵故障排除的管理能力。单元四突出知识的综合应用能力,以实际工程为案例,详尽阐述泵站设计的计算方法和计算过程。本书尽可能采用了新标准、新规范,并简要介绍了新材料、新技术的发展趋势,力求突出科学性、先进性、针对性、实用性和注重技能培养的原则,在阐述的方法上尽量做到由浅入深、循序渐进和理论联系实际。

本书编写人员及编写分工如下:广西水利电力职业技术学院余金凤编写前言、第6章,内蒙古机电职业技术学院马述娟编写第1章,黑龙江农垦农业职业技术学院张永伟编写第2章,华北水利水电学院水利职业学院王建军编写第3章,山东水利职业学院刘帅编写第4章,浙江水利水电专科学校陈海雄编写第5章,安徽水利水电职业技术学院刘军号编写第7章,浙江同济科技职业学院金斌斌编写第8章、第10章,内蒙古机电职业技术学院张瑞麟编写第9章。本书由余金凤、张永伟担任主编并负责全书统稿,由刘军号、王建军、陈海雄、刘帅担任副主编,由内蒙古机电职业技术学院马述娟担任主审。

本书在编写过程中参阅了大量国内同类教材,引用了同类书刊中的一些资料,在此我们对这些文献的作者表示诚挚的谢意。

由于本次编写时间仓促,参编人员还缺乏丰富的高等职业技术教育经验,书中难免会出现缺点、错误及不妥之处,欢迎广大读者提出宝贵意见和建议。

编 者

2009年6月

目 录

前 言

单元一 叶片泵的选择与安装

第1章 绪论	(1)
1.1 水泵及水泵站在国民经济中的作用	(1)
1.2 本课程的任务和要求	(6)
第2章 水泵的基础知识	(7)
2.1 水泵的定义与分类	(7)
2.2 叶片泵的工作原理与构造	(9)
2.3 抽水装置及抽水过程	(19)
2.4 叶片泵的基本性能参数	(20)
2.5 叶片泵的基本性能曲线	(23)
本章小结	(26)
思考题与习题	(26)
第3章 叶片泵工作点的确定与调节	(27)
3.1 叶片泵工作点的确定	(27)
3.2 叶片泵的并联与串联工作	(30)
3.3 叶片泵的调速	(33)
3.4 叶片泵的换轮	(38)
3.5 叶片泵的调角	(41)
本章小结	(43)
思考题与习题	(43)
第4章 水泵的选择和安装高程的确定	(44)
4.1 水泵的选择	(44)
4.2 管路及其附件的配套	(53)
4.3 水泵汽蚀性能和安装高程的确定	(56)
本章小结	(65)
思考题与习题	(66)

单元二 泵站设计

第5章 泵站工程规划	(67)
5.1 灌溉泵站工程规划	(68)
5.2 排水泵站工程规划	(74)
本章小结	(80)
思考题与习题	(80)

第 6 章 泵站进、出水建筑物	(81)
6.1 引 渠	(81)
6.2 前池和进水池	(83)
6.3 出水池和压力水箱	(91)
6.4 出水管道	(97)
本章小结	(108)
思考题与习题	(108)
第 7 章 泵房设计	(109)
7.1 概 述	(109)
7.2 泵房的类型	(110)
7.3 泵房内部布置	(114)
7.4 泵房尺寸确定	(121)
7.5 泵房的整体稳定分析	(124)
7.6 泵房的结构设计	(130)
本章小结	(138)
思考题与习题	(138)
第 8 章 其他类型的水泵及泵站	(139)
8.1 井泵及井泵站	(139)
8.2 潜水电泵	(143)
8.3 移动式泵站	(144)
本章小结	(149)
思考题与习题	(149)
单元三 泵站运行与管理	
第 9 章 泵站运行与管理	(150)
9.1 水泵机组与管道安装	(150)
9.2 水泵的运行	(160)
9.3 水泵的故障与排除	(162)
9.4 泵站的技术经济指标与管理	(168)
本章小结	(174)
思考题与习题	(174)
单元四 泵站设计工程示例	
第 10 章 泵站设计工程实例	(175)
10.1 设计资料	(175)
10.2 设计部分	(175)
参考文献	(201)

单元一 叶片泵的选择与安装

本单元学习目标和要求 理解水泵的定义及分类,掌握叶片泵的工作原理,了解其构造和性能参数及性能曲线;能够运用图解法确定水泵工作点以及水泵并联和串联工作点,掌握各种水泵工作点的调节原理和方法,能够根据生产要求进行工作点的调节计算;掌握水泵型号的选择和水泵设计流量及设计扬程的确定方法,掌握进水管路布置要求和管路附件的合理选择,理解汽蚀的定义及防治措施,能用允许吸上真空高度和必需汽蚀余量确定水泵的安装高度。

第1章 绪论

学习目标和要求 了解泵站在国民经济中的作用和水泵站的发展概况,明确本课程的学习内容和要求。

随着世界经济的高速发展,水资源的战略地位愈来愈重要,水资源的高效利用和有效管理越来越得到各国政府的高度重视。泵站作为水的唯一人工动力来源,成为重要的工程措施,因而它在水资源的合理调度和管理中起着不可替代的作用。同时,泵站在防洪、排涝、抗旱减灾,以及工农业用水和城乡居民生活供水等方面发挥着非常重要的作用。另外,泵站为耗能大户,节能和节水问题一样重要,因此泵站的经济运行和优化管理也显得尤为重要。

1.1 水泵及水泵站在国民经济中的作用

1.1.1 我国水泵与水泵站发展概况

新中国成立以来,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,高塘灌区的大力发展,沿江滨湖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,我国机电排灌事业得到了很大的发展。从1949年全国机电排灌动力71 343 kW,受益面积328万亩(1亩=1/15 hm²,下同),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5亿亩,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%。

新中国成立初期,我国的水泵生产几乎为零。随着水利事业和机械工业的发展,我国已建成了具有相当规模的水泵行业,形成了一支有较强力量的科研队伍,我国农用泵及工业泵的设计制造能力亦有相应提高,研制和生产了大量适合我国特点的各类水泵。到目前为止,我国生产的水泵产品有100多个系列、数千种规格,产品包括离心泵、混流泵、轴流泵、长轴深井泵、潜水电泵、水轮泵等。现有水泵的进出口口径范围从32 mm到6 m,流量从 $3\text{ m}^3/\text{h}$ 到 $100\text{ m}^3/\text{h}$,扬程从1.5 m到600 m,深井提水泵可达400 m以上。目前我国已生产的最大的离心泵,单机流量 $2.2\text{ m}^3/\text{s}$,扬程225 m,功率8 000 kW;叶轮直径最大的轴流泵,直径4.5 m,单机流量 $60\text{ m}^3/\text{s}$,扬程7.0 m,功率5 000 kW;最大的混流泵,叶轮直径5.7 m,单机流量 $97.5\text{ m}^3/\text{s}$,扬程5.96 m,功率7 000 kW。

我国大型排灌泵站的建设始于20世纪60年代初期,如江苏的江都排灌站,湖北的黄山头、沉湖、南套沟等泵站,安徽的驷马山泵站,山西省夹马口电灌站等相继先后建成。其中江都排灌站是我国建设最早、规模最大的综合利用泵站工程,是由四座大型泵站和十余座节制闸、船闸组成联合运行的水利枢纽。江都排灌站共安装大型轴流泵33台,总装机容量4.98万kW,设计流量 $473\text{ m}^3/\text{s}$,其抽长江水灌溉稻田20.1万 hm^2 ,并可为淮北部分地区提供抗旱用水;可抽排江都、高邮等五县(市)的涝水;可为京杭运河提供航运用水,为运河沿线城镇提供生活及工业用水;在满足灌溉和航运用水后,余水可利用江都三站可逆式机组倒转发电,发电能力约3 000 kW,现已成为南水北调东线工程的起点泵站。这些早期建成的泵站,在抗击旱涝灾害保丰收中取得了十分显著的成效。

20世纪70年代及80年代初期,是我国大型泵站大发展时期,大型水泵制造技术和规划水平也有了很大提高。如陕西的东雷抽黄工程,设计流量 $60\text{ m}^3/\text{s}$,8级提水,累计净扬程311 m,总装机容量12万kW。湖北的樊口泵站,装有4 000 mm口径的大型轴流泵4台,泵站设计流量 $214\text{ m}^3/\text{s}$,总装机容量2.4万kW,排涝受益面积47万亩,灌溉受益面积20万亩。天津的引滦入津调水工程,采用3级提水将滦河水送入天津,全线兴建大型泵站4座,共装大型轴流泵27台,总装机2万kW。引滦入津工程建成通水一举结束了天津人民喝咸水、苦水的历史,且工业生产缺水的被动局面得到扭转,不仅使用水较多的缺水企业全部恢复生产,而且使天津港获得了新生,新港船闸得以重新开启使用,停产三年之久的内河港区码头恢复了生产;同时为新建企业提供了可靠水源,加速了工业发展,改善了投资环境,成为天津经济和社会发展赖以生存的“生命线”。甘肃的景泰二期工程,设计提水流量 $18\text{ m}^3/\text{s}$,加大提水流量 $21\text{ m}^3/\text{s}$,灌溉面积52.05万亩,分19级提水,包括支渠设泵站30座,装机204台套,总装机容量18.09万kW,总扬程721.88 m。另外,还有江苏的皂河泵站、山西的尊村抽黄工程、湖北的新滩口泵站、宁夏的固海扬水工程、山东的引黄济青等,从工程设计、施工安装到设备的设计制造、通信调度等方面采用了一些先进技术,安装了国内最大叶轮直径的轴流泵:江苏淮安二站,叶轮直径4.5 m,单泵流量 $60\text{ m}^3/\text{s}$,配套功率5 000 kW;混流泵:江苏皂河泵站,叶轮直径6.0 m,平均流量 $97.5\text{ m}^3/\text{s}$,配套功率7 000 kW;单机功率最大的离心泵:陕西东雷抽黄灌溉工程二级站,最大单机容量8 000 kW,单泵扬程225 m。同时在排灌泵站工程和系统的优化调度、泵站水锤及防护的试验、泵站进水池的试验、进水流道的试验、大型拍门的试验研究等方面取得了很大发展。

20世纪80年代以来,江苏省为解决苏北里下河地区、苏北灌溉总渠、大运河的灌溉、

航运水源和排涝,并结合南水北调东线工程兴建了一批大型泵站,正在建设的南水北调东线工程集中体现了我国泵站工程技术的发展水平,是实现我国水资源优化配置的战略举措。规划的南水北调东线工程从江苏省扬州附近的长江干流引水,利用京杭大运河以及与其平行的河道输水,连通洪泽湖、骆马湖、南四湖、东平湖,并作为调蓄水库,经泵站逐级提水进入东平湖后,分水两路,一路向北穿黄河后自流到天津,另一路向东经新辟的胶东地区输水干线接引黄济青渠道,向胶东地区供水。从长江至东平湖段设 13 个梯级抽水站,南四湖以南为双线输水,共设泵站枢纽 22 处,总扬程 65 m。黄河以南输水干线上设泵站 30 处(主干线上 13 处,分干线上 17 处),设计抽水能力累计共 $10\,200\text{ m}^3/\text{s}$,装机容量 101.77 万 kW,其中可利用现有泵站 7 处,设计抽水能力 $1\,100\text{ m}^3/\text{s}$,装机容量 11.05 万 kW。东线工程实施后一方面可基本解决天津市,河北省黑龙港运东地区,山东鲁北、鲁西南和胶东部分城市的水资源紧缺问题,并具备向北京供水的条件,促进环渤海地带和黄淮海平原东部经济发展,改善因缺水而恶化的环境;另一方面可为京杭运河济宁至徐州段的全年通航保证水源,使鲁西和苏北两个商品粮基地得到巩固和发展。另外,为抽引长江水灌溉和抽排太湖地区涝水,于 1998 年 12 月建成了常熟抽水站,该站与节制闸组成常熟枢纽,共安装 9 台轴流泵,设计总流量 $180\text{ m}^3/\text{s}$ 。该站为闸站结合式工程,两侧为节制闸,中间为抽水站,采用双层矩形开敞式流道,可实现双向运用,抽引长江水灌溉和抽排太湖地区涝水,并可利用下层流道自流引排水,具有泄洪、排涝、引水等综合功能。

20 世纪 90 年代以来,广东珠江三角洲各地区建设了一批适应当地特点的低扬程大、中型立式、斜轴式和卧式排水泵站。

除机电排灌泵站外,我国从 20 世纪 50 年代开始还建设了一大批利用天然水能提水的水轮泵站,如湖南省临澧 1966 年兴建的青山水轮泵站,装有 AT100-8 型水轮泵 35 台,设计流量 $15.26\text{ m}^3/\text{s}$,扬水高度 50 m,灌溉农田 35 万亩,是我国规模最大的水轮泵站。此外,抽水蓄能泵站、矿井排水泵站、城市给排水泵站等,在我国也有较大发展。

至今,我国已拥有大型泵站 300 余座,在我国大型泵站比较集中的湖北、江苏、安徽、湖南、广东等省份,已初步形成了以大型泵站为骨干的防洪排涝以及跨流域调水工程体系,以重点中型泵站为主体的流域性调水、排灌工程体系和以中小型泵站为主导地位的地区性排涝、灌溉工程网络。机电排灌事业的发展,特别是大型泵站的发展,有力地提高了各地抗御自然灾害的能力,促进了国民经济快速、稳定、健康地发展。

另外,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 100/1 000 M 冗余以太网技术和 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在我国泵站实现现代化提供了十分宝贵的经验。

1.1.2 国外水泵与水泵站发展概况

美国西北部的哥伦比亚河大古力泵站是世界有名的提灌工程,其设计流量为 460

m^3/s ,扬程 94 m,计划安装 12 台水泵,灌溉干旱高原农田 625 万亩。1949 ~ 1951 年首期安装了 6 台立式混流泵,单泵流量为 $45 \text{ m}^3/\text{s}$,配套电动机功率 47 807 kW;1973 年加装了两台抽水蓄能机组,单机抽水能力为 $48 \text{ m}^3/\text{s}$ 。全站现有抽水能力 $366 \text{ m}^3/\text{s}$,配套电动机总功率 $38 \times 10^7 \text{ kW}$ 。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 9.4 亿 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 台水泵为抽水蓄能机组。美国已建大型调水工程十多处,但就工程规模、调水量、调水距离、工程技术和综合效益等权衡,最具代表性的调水工程应首选加利福尼亚州的北水南调工程,它也是全美最大的多目标开发工程。加州调水工程是一项宏大的跨流域调水工程,输水渠道南北绵延千余千米,纵贯加州,其输水能力各渠段不同,设计最大渠段输水流量达 $509 \text{ m}^3/\text{s}$,其建有 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 133 万 hm^2 农田;计划最终年调水量 52.2 亿 m^3 ,干线抽水总扬程 1 154 m,电动机总功率 178 万 kW,提水流量 $290 \text{ m}^3/\text{s}$ (其中扬程在 920 m 以上的流量为 $170 \text{ m}^3/\text{s}$)。该调水工程为加州南部经济和社会发展以及生态环境的改善提供了充足的水源,使加州南部成为果树蔬菜等经济作物生产出口基地,并保证了以洛杉矶为中心的 1 700 多万人口的生活和工业等用水。

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 $9 400 \text{ m}^3/\text{s}$,提灌流量为 $1 600 \text{ m}^3/\text{s}$;全国共有排灌泵站 7 200 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 4 200 mm 的贯流式水泵,扬程 2.6 m,单泵流量 $40 \text{ m}^3/\text{s}$,电动机功率 7 800 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。该站的水泵与其他设备均由中央控制室远距离操纵。为保证新川河内的水位稳定在设计范围内,泵站采用了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。该站其他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 4 600 mm 的混流泵,单泵流量为 $50 \text{ m}^3/\text{s}$,设计扬程 6.3 m,配套动力为 4 560 kW 的柴油机。

荷兰地势低平,全国有 $1/2 \sim 1/3$ 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。泵站的特点是扬程低、流量大。如 1973 年在北海运河入海处修建的爱茅顿排水站,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 50 Hz 的电源经过变频器变为 16.5 Hz,以适应水泵低速运转,最大扬程 2.3 m,单泵流量 $37.5 \text{ m}^3/\text{s}$ 。该站排水能力为 $150 \text{ m}^3/\text{s}$,将来可能扩大至 $350 \sim 400 \text{ m}^3/\text{s}$ 。荷兰目前已建成的大型泵站有 600 多座,安装口径 1.2 m 以上的大型水泵机组 2 400 多台(荷兰泵的转速高,其口径 1.2 m 相当于我国口径 1.8 m 以上的大泵),其泵站的数量和大泵的台数都在我国的三倍以上。

埃及的西水东调工程是将尼罗河水调至干旱缺水的西奈半岛,为工农业生产和人民生活提供了宝贵的水资源。该工程设有九处抽水泵站,其中在输水干线上设有 7 级泵站,逐级提水东调。在最后一段,即第四开发区到阿里什河谷的第五开发区,由于地形复杂采用压力管道输水,水泵加压 75.5 m,抽水流量 $52.6 \text{ m}^3/\text{s}$ 。为预防干旱地区因灌溉产生土壤盐碱化问题,在灌溉工程建设的同时建设了排水系统,以控制开发区的地下水位。工程

于2000年完成,苏伊士运河东西两岸新增耕地约25万 hm^2 ,大片沙漠因有水而变为良田沃野,新建45座新村和住宅区,为150万人口提供生活用水,有效地缓解了埃及粮食的短缺状况,增加了水果、蔬菜出口,促进了西奈经济社会的全面发展与繁荣。

罗马尼亚的奥尔特·卡尔马齐灌区是欧洲最大的自动化灌区,灌区自多瑙河提水,一级泵站采用浮动式泵房,安装5台立式轴流泵,提水流量 $36\text{ m}^3/\text{s}$;二级泵站和三级泵站安装若干台立式离心泵,然后通过34个小型加压泵站,送入田间喷灌系统,灌溉47万 hm^2 农田。

乌兹别克共和国从1973年开始运转的卡尔申提灌工程,由阿姆河提水,提水流量 $200\text{ m}^3/\text{s}$,共灌溉农田525万亩,总装机容量为45万 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(一台作为备用),第一级泵站扬程 $17\sim 19\text{ m}$,其余各级泵站扬程 $23\sim 26\text{ m}$,总扬程 156 m ,单泵流量为 $40\text{ m}^3/\text{s}$ 。另有一座泵站专门向塔里马让水库送水,水库调节库容为16亿 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。

综上所述,我国的机电排灌工程在数量上已居于世界首位,在工程规模上也已接近国外先进水平,但是,在技术水平、工程质量、工程管理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。如国外十分重视高效率水泵的研制,重视整个工程的动能经济问题,重视最大限度地提高设备利用率和泵站自动化水平等,这些都是值得我们今后进一步深入研究和学习的。另外,我国幅员辽阔,有着丰富的水能、潮汐能、风能和太阳能等自然能源,如何因地制宜地开发利用这些自然能源的抽水装置和设施,以适应节约型社会建设的需要也是今后努力的一个方面。

1.1.3 水泵与水泵站发展趋势

(1)为降低泵站建设投资,大型水泵正在向着转速提高、体积减小、运行稳定性增强的方向发展。

(2)农业提灌和工业供水相结合。国外泵站提水工程一般是多目标服务的,例如兼顾工业和城镇生活供水等,这样可以工扶农,促进农业生产的发展。

(3)调水工程泵站逐渐增多。随着全球性水资源紧缺的加剧,兴建跨流域、跨地区的调水工程,成为全球水利发展的趋势之一。而泵站在调水工程中肩负着不可替代的重要作用。

(4)泵站应用范围日益扩大。除农业灌溉排水和城市给排水及城镇热网供水外,泵站正在越来越广泛地用于石油、煤炭、化工、火电厂等领域。

(5)泵站规模在逐渐增大。大型泵站越来越多,一方面向着高扬程发展,如锅炉给水和长距离管道输水工程,另一方面向着低扬程、大流量发展,如南水北调工程。

(6)更加讲究投资效益。泵站工程越来越注意工程的投入产出,运用系统工程的观点和方法,优化工程投资、运行费用和工程效益之间的关系,从而使泵站的水平更高。

(7)安全节能的要求越来越高。目前广泛采用试验、用计算机计算流体动力学的手段对水泵和泵站流态与结构特性进行分析,寻找提高效率、减轻振动等的途径。

(8)泵站的自动化水平在不断提高。泵站自动化的主要内容包括巡回检测、自动记

录、事故报警、优化控制等,国内外都很重视这方面的研究,已有不少泵站实现了自动控制。

1.2 本课程的任务和要求

本课程的任务是使学生获得水泵与水泵站的基础理论知识和生产实践技能,具备中小型水泵站的安装、运行、管理方面的基本知识,能从事水利工程中的中小型水泵站的规划、管理和维修工作。具体要求如下:

- (1)掌握本专业常用水泵的分类、构造、工作原理、工作特性、调节等基本知识;
- (2)能正确地选择水泵,合理地组合水泵机组;
- (3)具有泵站设计的初步能力,能看懂泵站施工图;
- (4)能从事中小型灌排泵站的规划、设计工作;
- (5)具备中小型泵站的安装、运行、管理方面的基本知识。

第2章 水泵的基础知识

学习目标和要求 对于离心泵和轴流泵的工作原理及各零部件的作用、水泵型号的意义要求熟练掌握;并能用水泵的基本知识排除水泵的常见故障;理解水泵的定义及分类、叶片泵的性能参数和性能曲线。

2.1 水泵的定义和分类

2.1.1 泵的定义

泵是一种转换能量的机械,它把动力机旋转时产生的机械能传递给所抽送的液体,使液体的能量(位能、压能、动能)增加。通常把抽送的液体是水的泵,称为水泵。泵的用途很广,在工业、农业、建筑、石油、化工、电力、冶金、轻纺、造船、矿山和国防等国民经济各部门中占有重要的地位。

2.1.2 泵的分类

水泵的种类很多,最基本的分类方法是按水泵的工作原理,将其分为下列三大类。

2.1.2.1 叶片式水泵

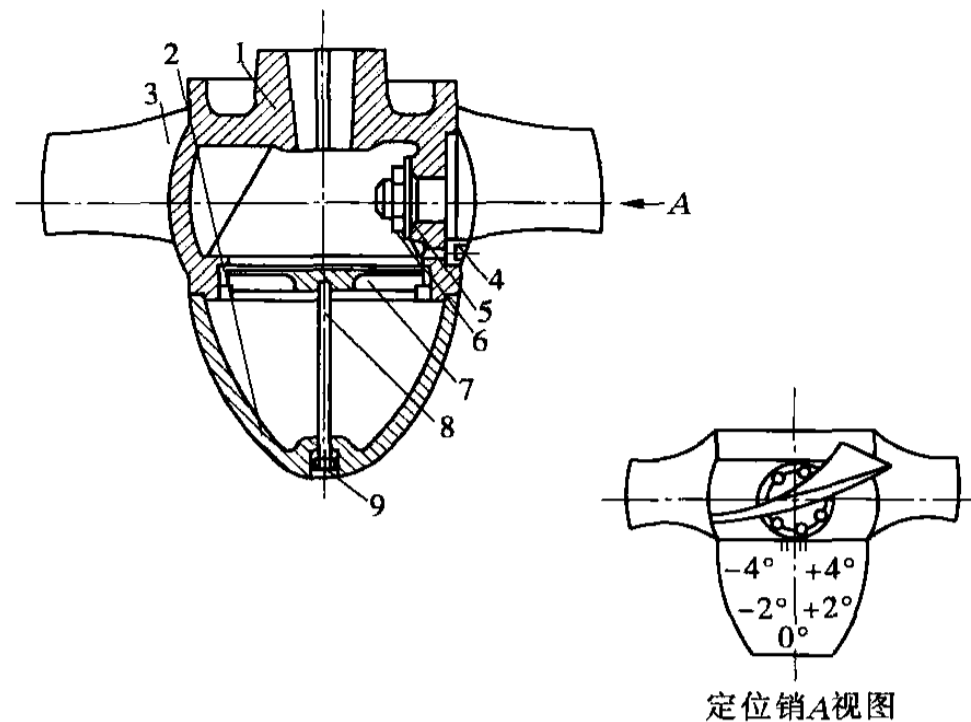
叶片式水泵是利用叶轮旋转时产生的离心力来工作的,由于其工作体是由若干弯曲状叶片组成的一个叶轮,故称为叶片式水泵。叶片式水泵按工作原理的不同,可分为离心泵、轴流泵和混流泵三种。

(1)离心泵按照泵轴的装置方式可分为卧式泵和立式泵;根据水流进入叶轮的方式可分为单吸泵和双吸泵;根据轴上安装叶轮的个数可分为单级泵和多级泵。

(2)轴流泵按泵轴装置方式,可分为立式、卧式和斜式三种。其中,立式泵因其具有占地面积小,叶轮淹没在水中,启动方便,电动机安装在水泵上部,不易受潮等优点而得到广泛应用。按叶片固定方式,轴流泵又可分为固定式、半调节式和全调节式。全调节式轴流泵一般为大型轴流泵,其粗大的泵轴内可安装操作调节油管,轮毂内可布置叶片调节机构,在水泵运行中,可根据水位和流量的变化通过调节机构来改变叶片安放角度。半调节式轴流泵的叶片是用螺母固定在轮毂体上的,在叶片的根部刻有基准线,而在轮毂体上刻有若干相应的角度线,需要调节时,待停机后松开螺母,转动叶片到所需角度即可(见图2-1)。固定式轴流泵是将叶片和轮毂体铸在一起,叶片角度不可调,多用于小型轴流泵。

(3)混流泵按结构型式可以分为蜗壳式和导叶式两种。

叶片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



1—轮毂;2—导水锥;3—叶片;4—定位销;5—垫圈;
6—紧叶片螺帽;7—横闩;8—螺柱;9—六角螺帽

图 2-1 半调节叶片轴流泵的叶轮

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。水轮泵是用水轮机作为动力带动水泵工作的,它直接利用可再生的水力资源就地提水,按使用水头与结构特点分为低、中、高水头轴流式水轮泵和低、中、高水头混流式水轮泵。

2.1.2.2 容积式水泵

容积式水泵是利用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式泵和回转式泵两种。往复式泵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,例如拉杆式活塞泵靠拉杆带动活塞作往复运动进行提水。回转式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。

2.1.2.3 其他类型水泵

其他类型水泵是除叶片式泵和容积式泵以外的特殊泵型,习惯上称为其他类型泵。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。叶片式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,使用范围较宽,在排灌用泵中使用最多的是叶片式泵。因此,本教材将着重学习叶片式泵。

2.1.3 水泵的型号意义

水泵的种类很多,规格各异。为了便于识别和选用水泵,有关部门对不同类型的水泵,根据其尺寸、性能及结构等不同情况,分别编制了不同的型号,这些型号由一些符号及其数据组成。知道了一台泵的型号,就可以从泵类产品目录或使用说明书中查到该泵的规格及性能;或确定了所要选择水泵的性能参数,就可以查到适用的水泵型号。现将几类常用水泵的型号说明如下。

IS100-65-250:IS 表示单级单吸离心泵,100 表示水泵进口直径为 100 mm,65 表示水泵出口直径为 65 mm,250 表示叶轮直径为 250 mm。

20Sh-13A:20 表示水泵进口直径为 20 英寸(1 英寸 = 25.4 mm),Sh 表示单级双吸卧式离心泵,13 表示该泵的比转数为 130,A 表示叶轮外径经过第一次车削。

150S50A:150 表示水泵进口直径为 150 mm,S 表示单级双吸卧式离心泵,50 表示水泵扬程为 50 m,A 表示叶轮外径经过第一次车削。

150D30×5:150 表示进口直径为 150 mm,D 表示多级单吸分段式离心泵,30 表示单级扬程为 30 m,5 表示叶轮级数为 5 级。

14ZLB-3.4:14 表示水泵出口直径为 14 英寸,ZLB 表示立式半调节轴流泵,3.4 表示水泵扬程为 3.4 m。

300HW-7:300 表示水泵进出口直径为 300 mm,HW 表示卧式蜗壳式混流泵,7 表示水泵扬程为 7 m。

150JD36×3:150 表示适用最小井径为 150 mm,JD 表示井用多级泵,36 表示流量为 36 m³/h,3 表示叶轮级数为 3 级。

200QJ32-60/5:200 表示适用最小井径为 200 mm,QJ 表示井用潜水泵,32 表示流量为 32 m³/h,60 表示扬程为 60 m,5 表示叶轮级数为 5 级。

QY8.4-40-2.2:QY 表示充油式潜水泵,8.4 表示流量为 8.4 m³/h,40 表示扬程为 40 m,2.2 表示电动机功率为 2.2 kW。

2.2 叶片泵的工作原理与构造

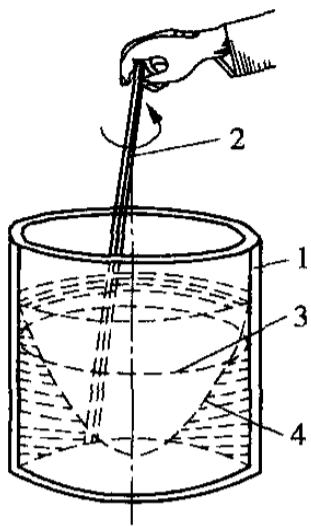
2.2.1 离心泵

2.2.1.1 离心泵的工作原理

我们可以做一个这样的实验:向一个敞口圆筒内灌注一定高度的水,并使其做等速旋转,这时圆筒内的水面呈从中心到边壁逐渐升高的旋转抛物面(见图 2-2)。圆筒半径越大,水流旋转得越快,则水面沿筒壁上升的高度就越大。离心泵就是基于这一原理,利用叶轮旋转时对水产生的离心力来工作的。

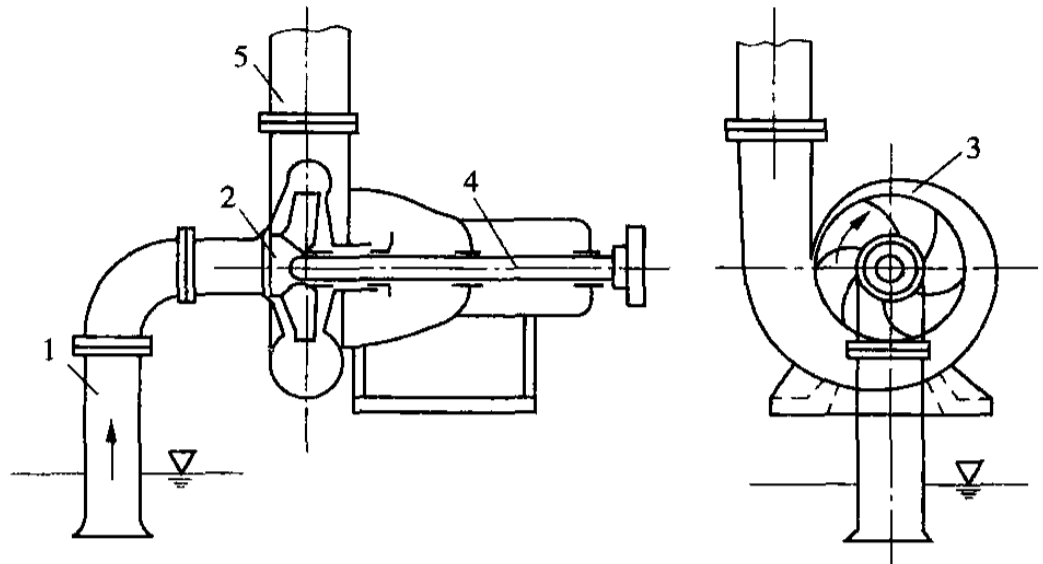
图 2-3 为离心泵的工作原理示意图。水泵在抽水前,必须将泵内及吸水管内灌满水(在吸水管底部装一底阀防止灌水漏入进水池)或用真空泵抽气(进水管底部不装底阀)。当动力机通过水泵轴带动叶轮在泵壳内高速旋转时,其中水体也随着高速旋转,叶轮中的水在离心力的作用下被甩出叶轮外缘,汇集于断面逐渐增大的泵壳内,因而水流速度减慢,压力增加,于是高压水沿着出水管被压送至高处。水被甩出后,在叶轮进口处形成一定的真空值(即进口处的压强小于大气压的数值),而作用在进水池水面的压力为一个当

地大气压,在此压力差的作用下,水就由进水池流经进水管进入叶轮。叶轮不停地旋转,水就不断地被甩出,又不断地被吸入,这样连续不断地把水压出去又吸上来,这就是离心泵的工作原理。



1—盛水圆筒;2—小棒;
3—原水面;4—旋转后水面

图 2-2 离心力示意图



1—进水管;2—叶轮;3—泵体;
4—泵轴;5—出水管

图 2-3 离心泵工作原理示意图

2.2.1.2 离心泵的基本构造

虽然离心泵的类型很多、型号各异,但其主要零部件组成基本相同。主要零部件有:叶轮、泵壳、密封环、泵轴、轴承、轴封装置、轴向力平衡装置及联轴器等。现就各类离心泵的结构特点和性能范围分述如下。

1. 单级单吸式离心泵

单级单吸式离心泵的结构特点是水流从叶轮的一侧吸入,泵轴为卧式且轴上只有一个叶轮,叶轮固定在泵轴的一端,泵的进出水口互相垂直。单级单吸式离心泵的性能特点是流量小、扬程高。

原型号的 BA 型和 B 型单级单吸式离心泵已被国家标准规定为淘汰产品。IS 系列泵是我国水泵行业首批采用国际标准设计的单级单吸清水离心泵,其性能和规格均有较大扩展和改进。该系列泵共有 29 种基本型号,51 个规格,6 种口径。其性能范围是:流量 $6.3 \sim 400 \text{ m}^3/\text{h}$,扬程 $5 \sim 125 \text{ m}$,配套电机功率 $0.55 \sim 110 \text{ kW}$,转速有 1450 r/min 和 2900 r/min 两种。其外形及结构如图 2-4 所示。

2. 单级双吸式离心泵

单级双吸式离心泵的结构特点为:

(1) 水从叶轮的两侧吸入,即叶轮有两个进水口,故称双吸。

(2) 叶轮及泵轴由两端的轴承支承,故其受力和支承对称,应有较高的抗弯和抗拉强度,以免因轴的挠度增大,导致运行时发生振动,增大振幅,甚至断轴。

(3) 泵壳为水平中开式,即泵壳分为上部泵盖、下部泵体两部分,上、下两部分用双头螺栓联结成一体,检修时只要松开螺栓,揭开泵盖即可对泵体内部进行检修。

(4) 水泵进出口均垂直于泵轴且在泵轴下方,有利于进水管路的布置与安装。