



普通高等教育“十五”国家级规划教材

武汉大学 刘竹溪 刘景植 主编

水泵及水泵站 第三版

SHUIBENG JI SHUIBENGZHAN



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

普通高等教育“十五”国家级规划教材

水泵及水泵站

第三版

武汉大学 刘竹溪 刘景植 主编



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书为普通高等教育“十五”国家级规划教材。全书共分 11 章,其中第一、二、三、四、五、七章分别介绍了叶片泵的类型、构造、基本理论及性能、水泵工况确定和调节、水泵汽蚀及其防护、水泵及动力机的选型与配套以及泵站辅助设备等内容;第六、八、九、十、十一章分别论述了泵站工程规划、设计、泵站工程经济分析以及泵站管理等方面的内容。本书不但介绍了机电排灌泵站工程的技术问题,还介绍了城镇和工业给排水泵站工程规划设计方面的内容,并列出了泵站工程常用专业术语英文译名,以满足双语教学的需要。

本书可作为高等院校农业水利工程本科专业的通用教材,也可作为给排水工程专业和热能与动力工程专业流体机械与工程方向等相关专业本科生的教材,还可作为科技书,供从事泵站工程规划和泵站运行管理的技术人员参考使用。

图书在版编目 (CIP) 数据

水泵及水泵站/刘竹溪,刘景植主编. —3 版. —北京:中国水利水电出版社,2006
普通高等教育“十五”国家级规划教材
ISBN 7-5084-3625-3

I. 水... II. ①刘...②刘... 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 (2006) 第 016434 号

书 名	普通高等教育“十五”国家级规划教材 水泵及水泵站 (第三版)
作 者	武汉大学 刘竹溪 刘景植 主编
出版 发行	中国水利水电出版社 (北京市三里河路 6 号 100044) 网址: www. waterpub. com. cn E-mail: sales @ waterpub. com. cn 电话: (010) 63202266(总机)、68331835(营销中心)
经 售	全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	北京市兴怀印刷厂
规 格	787mm×1092mm 16 开本 24.75 印张 587 千字
版 次	1981 年 2 月第 1 版 1984 年 6 月新 1 版 1986 年 10 月第 2 版 2006 年 4 月第 3 版 2006 年 4 月第 4 次印刷
印 数	24301—27300 册
定 价	39.80 元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社营销中心负责调换

版权所有·侵权必究

出版说明

为了贯彻落实教育部《关于“十五”期间普通高等教育教材建设与改革的意见》(教高[2001]1号文件),制订好普通高等教育“十五”教材规划,教育部高等教育司于2001年8月向有关部委与高校发出《关于申报普通高等教育“十五”国家级教材规划选题的通知》。受水利部人事劳动教育司委托,高等学校水利学科教学指导委员会在刚刚完成第五轮教材建设规划的基础上组织了“十五”国家级规划教材的申报工作。经过广泛发动,积极申报,水利学科教学指导委员会与各专业教学组根据前四轮教材的使用情况、第五轮教材的建设规划以及近几年教学内容课程体系改革所取得的成绩与经验,对申报教材进行了认真的审核,并经水利部人事劳动教育司的同意,向教育部高等教育司推荐了30种教材(其中CAI、多媒体课件3种)。2002年5月教育部印发了《普通高等教育“十五”国家级教材规划选题》,水利学科共有23种(其中包括高职高专教材8种)教材入选。

在列入规划的教材中,除一部分是质量较高、在教学中反映较好的修订教材外,更多的是反映教学内容课程体系改革成果、在内容和体系上有明显特色的新教材,还有3种是经多次使用修改,教学效果较好的CAI、多媒体教材。每种规划教材的作者均是经过各专业教学组认真遴选与推荐的,他们不仅具有丰富的教学经验和较深厚的学术造诣,而且近几年活跃在教学、教改第一线,这为保证规划教材的高质量提供了最重要的条件。

一部优秀教材在保证教学质量上所起的作用是众所周知的。一部优秀教材的产生,除了需要作者的精心编著,更需要使用者将教

学实践中所取得的经验及时地反馈给作者，以便在修订再版时精益求精。因此，我们不仅推荐各院校水利类专业积极选用合适的规划教材，更希望在使用后能将有关的意见与建议告诉作者。经过作者与使用者的共同努力，出版若干种水利类的精品教材是完全可能的。

高等学校水利学科教学指导委员会

2004年7月

第三版前言

刘竹溪教授主编的《水泵及水泵站》(第二版)自1986年出版以来,经全国有关高等院校使用,效果良好,受到了广大读者的欢迎,并于1987年、1992年分别获水电部、教育部高等院校水电类专业教材二等奖。

近20年来,随着科学技术的不断发展,新设备、新技术的不断出现,我国的机电排灌泵站工程技术和管理水平不断提高和完善,急需对教材内容进行更新,以符合新时代的要求。2002年该教材被列为教育部普通高等教育“十五”国家级规划教材。

本书是在《水泵及水泵站》(第二版)的基础上,根据“十五”国家级规划教材的编审要求重新编写的,是高等工科院校“农业水利工程”专业的专业必修课教材。

全书共分11章,前5章为水泵部分,重点介绍了叶片式水泵的基本理论、设备性能和运行调节等方面的内容;后6章为泵站部分,加强了泵站工程规划设计、机电设备选型与配套、及泵站运行管理等方面的论述,不但介绍了机电排灌泵站工程的技术问题,还介绍了城镇和工业给排水泵站工程规划设计方面的内容,以扩大学生的知识面。本书在修订中力求反映国内外先进技术和设备,从系统、经济的观点出发,注意加强水泵与泵站之间的联系和前后呼应。

本书由武汉大学刘竹溪、刘景植教授主编,其中绪论、第五、六、九、十一章以及第一、三、七、八章部分节由刘景植编写,第一、二章由何忠人编写,第三、四、七章由陈坚编写,第八、十章由周龙才编写。刘景植还负责了全书的统稿和定稿工作。在

统稿过程中，刘景植对参编者编写章节的内容作了增删、修改和润色，并对部分章节作了改写。此外，为适应双语教学的需要，在书中紧随泵站工程常用专业术语后的圆括号内列出了该专业术语的英文译名。

本书由北京工业大学窦以松教授主审。在编写过程中，参考了国内不少专家和教授的相关专著与教材，并在主要参考文献中列出，编者在此一并致谢。另外，本书还得到了武汉大学教务部、许多兄弟院校和生产单位的积极支持和热情协助，在此表示衷心的感谢。

由于编者水平所限，书中难免存在缺点和错误，恳请读者批评指正。

编 者

2004 年 12 月

第一版前言

本书系根据水利电力部一九七八年四月在武汉召开的高等学校农田水利工程专业教材编审规划会议的精神，及同年六月制定的《水泵及水泵站》教材编写大纲的要求编写的。

全书除绪论外共分十一章，其中第一、二、三、四、六、十章为水泵及其配套设备的构造、工作原理、性能以及选择和运用等方面的内容；第五、七、八、九章为泵站的规划和设计等方面的内容；第十一章为泵站的安装和管理等方面的内容；最后，还将本课程的习题、实验、思考题和常用资料等汇编为附录，供教学参考。

本书从专业教学要求出发，力求加强基本理论、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。鉴于我国幅员辽阔，各地区自然条件差异较大，同时为了照顾不同地区的不同要求，本书编写了较多的内容，各院校使用本书时，可根据实际情况适当取舍。

本书系由武汉水利电力学院、西北农学院、华东水利学院分工编写，由武汉水利电力学院刘竹溪主编，陈固参加了统稿工作。参加编写工作的有：华东水利学院咸锟（第一、三章和第十章第三节）、蒋履祥（第二章一至四节和第十章第五节）、梅瑞松（第四章），西北农学院李志耘（第五章第一节、第十一章第一节和第二节的一部分）、栾鸿儒（第八章第一、二节和第九章第三节）、冯家涛（第九章第一、二节）、范振江（第十章第一、二节和第十一章第二节的一部分），武汉水利电力学院李继珊（第五章第二节

和第七章第四节)、陈固(第六章第一、二节和附录)、郑玉春(第六章第三节)、颜锦文(第七章第一节的一部分)、于必录(第七章第一节的一部分和第二、三节)、申怀珍(第七章第五节)、丘传忻(第八章第三、四、五节)、陆宏圻(第十章第四节)、刘竹溪(绪论、第二章第五节、第十一章第三节)。

初稿完成后由主审单位——江苏农学院召开了审稿会议。参加审稿会议的有江苏农学院、华北水利水电学院,合肥工业大学、江苏省江都水利工程管理处和太原工学院,扬州水利学校等单位。在本书编写过程中,得到了许多兄弟院校及生产单位的积极支持和热情协助,在此一并表示衷心的感谢。

对于书中存在的缺点和错误,恳请读者批评指正。

编 者

1980年4月

第二版前言

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（第七章至第十三章）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

目 录

出版说明

第三版前言

第一版前言

第二版前言

绪论	1
第一节 水泵及水泵站工程在国民经济中的作用和地位	1
第二节 国内外机电排灌事业发展概况	2
第三节 本课程的内容和要求	8
第一章 泵的基础知识	10
第一节 泵的定义和分类	10
第二节 叶片泵的主要部件	15
第三节 机电排灌常用泵的典型结构	22
第四节 泵的性能参数	34
第二章 叶片泵的基本理论	42
第一节 离心式泵的叶轮理论	42
第二节 轴流式泵的叶轮理论	55
第三节 叶片泵的相似理论	61
第四节 比转数	68
第三章 叶片泵的性能曲线	73
第一节 理论性能曲线	73
第二节 叶片泵的基本性能曲线	75
第三节 叶片泵的相对性能曲线	83
第四节 叶片泵的通用性能曲线	84
第五节 叶片泵的综合性能曲线(型谱)图	87
第六节 叶片泵的全面性能曲线	89
第四章 水泵气蚀及安装高程的确定	96
第一节 泵内气蚀现象	96
第二节 气蚀性能参数	98
第三节 气蚀相似律和气蚀比转数	107
第四节 水泵安装高程的确定	112
第五章 叶片泵的运行工况与调节	114
第一节 水泵运行工况的确定	114

	第二节 水泵工作点的调节	128
第六章	灌排泵站工程规划	140
	第一节 概述	140
	第二节 提水灌排区的划分	143
	第三节 站址选择	146
	第四节 泵站主要设计参数的确定	150
	第五节 泵站工程经济分析	159
	第六节 泵站枢纽布置	175
第七章	机组设备选型与配套	182
	第一节 水泵选型	182
	第二节 电动机与水泵的配套	185
	第三节 内燃机与水泵的配套	194
	第四节 传动设备	200
	第五节 辅助设备及设施	207
第八章	进水建筑物	225
	第一节 取水建筑物	225
	第二节 引水建筑物	230
	第三节 前池	236
	第四节 进水池	242
	第五节 进水流道	249
第九章	泵房	266
	第一节 泵房的结构类型及其适用场合	266
	第二节 泵房内部布置及主要尺寸的确定	281
	第三节 泵房的整体稳定及地基应力校核	291
	第四节 主要结构计算	299
第十章	出水管道及出水池	304
	第一节 出水管道	304
	第二节 出水池	319
	第三节 出水流道	328
	第四节 出水管道的水锤计算及防护	342
	第五节 泵站断流方式	357
第十一章	泵站管理	365
	第一节 泵站管理机构	365
	第二节 泵站行政管理	366
	第三节 泵站资产管理	366
	第四节 泵站技术管理	367
参考文献		381

绪 论

第一节 水泵及水泵站工程在国民经济中的作用和地位

泵是把机械能转化成流经其内部的液流的压能和动能的流体输送机械。泵站是以电动机、内燃机或其他动力机械为动力机的水泵装置及其辅助设备和配套建筑物所组成的工程设施。泵是除电动机以外使用范围最广泛的机械,几乎没有一个国民经济部门不使用泵。泵对发展生产、保证人们的正常生活和保障人民生命财产的安全具有至关重要的作用。没有泵,汽车不能行走,飞机、轮船不能航行,火箭不能上天;没有泵,电厂不能发电,钢厂不能炼钢,纺织厂不能纺纱织布,矿山不能采矿;没有泵,自来水厂不能把水送到千家万户,城镇的污水、渍水不能及时排除,城市将陷于瘫痪。

在农业方面,水泵及其排灌泵站在抗御洪涝、干旱灾害,改善农业生产条件,实现高产稳产,跨流域调水,乡镇给排水等方面起着极为重要的作用。我国幅员辽阔,而水资源却十分短缺,人均拥有水量仅为世界人均水量的 $1/4$ 。由于地形和气候的影响,天然降水的时空分布很不均匀,有一半的国土处于缺水或严重缺水的状态。例如,西北高原区、华北平原井灌区和南方丘陵区,都必须用水泵提取地面水或地下水;而我国的另一部分地区,如南方和华北平原河网区,东北、华中圩垸低洼区,又必须用水泵排水。目前,我国已建成大中小型固定泵站 50 多万座,总装机容量 7000 余万 kW,机电排灌总面积近 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% 和 21%。水泵及水泵站在保证农业增产、保证和促进国民经济各行业的发展、保证人民生命财产安全等方面发挥着愈来愈重要的作用,取得了显著的经济效益和社会效益。例如,1978 年,我国南北方 17 个省(市)发生历史罕见的特大旱灾,降雨量只有常年的 40% 左右,各地开动水泵总功率达 2500 多万 kW,用于灌溉的引水量达 1700 多亿 m^3 ,相当于黄河 3 年的总径流量,挽回粮食损失 200 多亿 kg、棉花 50 多万担。1991 年夏,江淮流域发生严重的洪涝灾害。据不完全统计,江苏、湖北、安徽、湖南、浙江等省共开动排灌机械 900 多万 kW,排水 800 多亿 m^3 ,保护农田约 1 亿亩,保护公路、铁路交通干线上万公里,保护城市、乡镇、村庄数万个,减少经济损失约 600 亿元。西北沿黄河上的几座大型泵站,每年从黄河抽水约 10 多亿 m^3 ,在干旱贫瘠的黄土高原形成了一片片旱涝保收、高产稳产的农业生产基地。另外,机电排灌工程的建设与发展,为实现农村电气化、促进乡镇企业及农村经济发展创造了条件。

第二节 国内外机电排灌事业发展概况

自 19 世纪末柴油机发明后,机械提水开始代替人畜和自然能提水。其后,随着科学技术的进步,在水泵结构设计、配套动力机及传动装置以及运行自动化等方面都取得了很大进展,水泵机组朝着大容量、高速化、高效率、低噪音及自动化等方面迅速发展。

一、国外机电排灌事业的发展概况

(一) 美国

美国西北部的哥伦比亚河大古力泵站是世界著名的提灌工程,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,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 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 $366\text{m}^3/\text{s}$,配套电动机总功率 3.8×10^4 万 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 9.4×10^4 万 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。加利福尼亚州位于美国西南部,西临太平洋,面积 41 万 km^2 ,人口 2300 万。北部湿润,萨克拉门托河等水量丰沛;南部地势平坦,光热条件好,是美国著名的阳光地带,但干旱少雨,圣华金河流域及以南地区水资源短缺。全州年径流量 870 亿 m^3 ,其中 $3/4$ 在北部,而需水量的 $4/5$ 在南部。为了开发南部,联邦政府建设了中央河谷工程,加州政府建设了北水南调工程,两项工程相辅相成,共同把加州北部丰富的水资源调到南部缺水地区。北水南调工程共建有 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 133 万 hm^2 农田。计划最终年调水量为 52.2 亿 m^3 ,干线抽水总扬程为 1154m,电动机总功率 178 万 kW,提水流量 $290\text{m}^3/\text{s}$ (其中扬程在 920m 以上的流量为 $170\text{m}^3/\text{s}$)。其中,埃德蒙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 82.4 万 kW,年耗电量约为 60 亿 $\text{kW} \cdot \text{h}$;装有 14 台功率为 58840kW 的四级立式离心泵,叶轮直径 4.88m,单泵流量 $9\text{m}^3/\text{s}$,效率 92.2%,转速 600r/m (与电动机同),泵高 9.45m,重 220t;水泵与电动机直联,机组总高近 20m,重 420t。该工程于 1951 年 5 月提出方案论证,1965 年 5 月确定最终方案,1971 年 9 月正式提出实施,1984 年完成最后 3 台机组的安装。泵站有两条出水管路,每条长 2500m,前段管路直径为 3860mm,后段管路直径为 4280mm。加利福尼亚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公里,纵贯加利福尼亚州,其输水能力各渠段不同,设计最大渠段输水流量达 $509\text{m}^3/\text{s}$,为加利福尼亚州南部经济和社会发展,生态环境的改善提供了充足的水源,使加利福尼亚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 1700 多万人口的生活和工业等用水。现在加利福尼亚州是美国人口最多的州,洛杉矶成为美国第三大城市。

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, 扬程 38m, 单泵流量 $62\text{m}^3/\text{s}$, 单机功率 $3 \times 10^4\text{kW}$; 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 台双速可逆式水泵—水轮机组, 在转速为 150 r/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 $53 \times 10^3\text{kVA}$ 。在转速为 120r/min 下, 作为水泵—电动机抽水时, 单机容量为 $25 \times 10^3\text{kW}$, 作为水轮机—发电机发电时, 单机容量为 $34 \times 10^3\text{kVA}$ 。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, 转换时间仅需 27s。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。

(二) 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%。例如, 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 7800kW, 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 4600mm 的混流泵, 单泵流量为 $50\text{m}^3/\text{s}$, 设计扬程为 6.3m, 配套动力为 4560kW 的柴油机。

(三) 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。泵站的特点是扬程低、流量大。例如, 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 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 1.2m 以上的大型水泵机组 2400 多台 (荷兰泵的转速高, 其口径 1.2m 相当于我国口径 1.8m 以上的大泵), 其泵站的数量和大泵的台数都在我国的 3 倍以上。

在水泵设计及装置配套方面, 荷兰有世界著名的水力机械实验室, 可对水泵装置进行性能测试、水锤计算、模型试验等; 在机械方面, 广泛利用计算机, 从计算机辅助选型 (CAS)、计算机辅助设计 (CAD) 到计算机辅助制造 (CAM); 从水力、结构优化设计到叶片、导叶加工的严格控制, 全程使用计算机, 使产品在高度先进的设计和工艺基础上制造出来。荷兰的研究机构齐全, 科研力量很强, 设施完善, 对水泵及其进、出水流道均有比较系统的研究。

(四) 其他国家

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 9 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 75.5m, 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 座小型加压泵站, 送入田间喷灌系统, 灌溉 47 万 hm^2 农田。

苏联从 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 6 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 17~19m, 其余各级泵站扬程 23~26m, 总扬程 156m, 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 16×10^4 万 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。

苏联于 1957 年建成了英古列茨灌溉供水泵站, 设计扬程 60m, 单机容量为 4200kW, 总装机容量为 29420kW。1973 年开始运行的卡霍夫卡提灌工程, 从第聂伯河上的卡夫霍卡水库提水, 其提水流量为 $590\text{m}^3/\text{s}$, 灌溉农田 1140 万亩。渠首泵站扬程 25m, 共装机 10.8 万 kW。其第一期工程提水 $154\text{m}^3/\text{s}$, 装机 3.6 万 kW。

从泵站设备、泵站运行管理等方面来看, 国外泵站工程具有以下特点:

(1) 水泵机组综合性能好。国外大型水泵一般具有转速高、体积小、重量轻等优点, 其流量是我国同口径水泵流量的 1.5~2 倍。如荷兰 1.8m 的水泵与我国 2.8m 水泵的性能基本相同, 但前者的重量为 23.1t, 后者的重量却是 48t, 两者相差一倍多。另外, 采用齿轮传动, 大大减小了电动机的体积和重量。如荷兰口径 3.6m 的贯流泵, 采用齿轮变速传动的结构设计后, 与其配套的高速电机直径仅 1.2m, 电机和齿轮箱的总重量是 15t。如果将这台泵改用我国常见的直接传动, 其电机直径将由原来的 1.2m 增加到 6.1m, 重量由 15t 增加到 49t。由此可见, 国外水泵机组采用高速化的设计理念后, 不仅使机组的体积减小、重量变轻, 而且还可大幅降低泵房和土建投资。另外, 国外水泵材质好加工精密, 水泵的内外表面平整光滑, 叶片表面加工光洁度高, 这样就确保了水泵符合泵站的使用要求, 不仅效率高, 空化性能好, 而且大大地延长了水泵的使用寿命, 减少了事故的发生。

(2) 泵站自动化程度高。美国加利福尼亚州调水工程于 1964~1974 年安装了计算机自动控制系统, 该系统可对 17 座泵站和电厂, 71 座节制闸的 198 个闸门和其他各种设备、设施实行计算机通信、监控、检测和调度。

日本现已完成 20 世纪六七十年代兴建的水利工程的设备改造和扩建, 并安装了新的计算机监控系统。监控系统大都采用集中管理的分层分布式结构, 即在一个水系上设有中

央管理站,采用计算机和遥测、遥控装置对各种泵站、水工建筑物、渠道等进行集中监控,以达到水资源综合利用的目的。例如,新川河口排水站的6台贯流式轴流泵及其他设备均由中央控制室远距离操作。为保证新川河口的水位稳定在设计范围内,采用了自动调节水泵叶片安装角和自动选择运转台数的控制机构,并根据内外水位差的变化,可发出开启自动排水闸的信号。该站的其他辅助设备和自动清污装置,也均由中央控制室操作。

荷兰、奥地利的一些泵站,基本上都实现了全自动监控。荷兰泵站采用的自动化仪表多为智能型,这种仪表很先进,如功率表、水位表、水位计等能长期进行自动记录。

(3) 运行管理人员少、素质好、分工严密。国外泵站一般雇用懂专业、有经验的管理人员,运行、管理人员普遍具有较高的专业技能,在泵站运行中,可以及时发现问题,并能正确地处理突发事件。运行管理人员总数只相当于我国的1/10左右,但运行管理有条不紊,长期保持正常运转。以荷兰为例,水泵制造厂不仅负责核心部件的生产和总装,还负责机组的大修,泵站的管理人员只负责值班运行、小规模检修和大规模的检查。

二、我国机电排灌事业的发展概况

1949年以来,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71343kW,受益面积328万亩,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7000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%。

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49800kW,设计流量473m³/s,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。例如,陕西东雷抽黄工程(设计流量60m³/s,8级提水,累计净扬程311m,总装机容量12万kW);湖北樊口泵站(装有4000mm口径的大型轴流泵4台,站设计流量214m³/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);甘肃景泰二期工程(18级泵站,累计净扬程602m,计划灌溉面积50万亩)。另外,还有江苏皂河泵站、山西尊村抽黄工程、湖北新滩口泵站、宁夏固海扬水工程、山东引黄济青工程等,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4.5m,单泵流量60m³/s,配套功率5000kW)、混流泵(江苏皂河泵站,叶轮直径6.0m,平均流量97.5m³/s,配套功率7000kW);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8000kW,单泵扬程225m)。