



高等学校水利学科教学指导委员会组织编审

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

高等学校水利学科专业规范核心课程教材·农业水利工程

水泵及水泵站

主 编 扬州大学 刘 超
副主编 河海大学 徐 辉
主 审 河海大学 田家山



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn



高等学校水利学科教学指导委员会组织编审

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

高等学校水利学科专业规范核心课程教材·农业水利工程

水泵及水泵站

主 编 扬州大学 刘 超
副主编 河海大学 徐 辉
主 审 河海大学 田家山



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“十一五”国家级规划教材，农业水利工程专业核心课程教材。

全书共分14章。第1~3章介绍水泵的类型、结构，阐述其工作原理、性能和特点、装置特性；第4章、第5章论述水泵的运行及工况点的确定方法、工况调节方法；第6章论述水泵的气蚀性能和安装高度；第7章介绍水泵机组选型配套方法和辅助设备；第8章、第9章论述水泵站的工程规划和泵房类型、设计和主要构件的计算；第10章、第11章论述水泵站的进出水建筑物类型、流动条件和几何参数设计；第12章阐述泵站的水锤计算方法及防护措施；第13章论述水泵机组的振动、噪音和故障分析；第14章介绍其他不同类型的水泵及应用。

本书适用农业水利工程、水利水电工程、热能与动力工程（水动）等专业，也可用于给水排水工程专业，并可供从事水利工程、市政工程等专业的工程技术人员参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

水泵及水泵站/刘超主编. —北京: 中国水利水电出版社, 2009

普通高等教育“十一五”国家级规划教材. 高等学校水利学科专业规范核心课程教材. 农业水利工程

ISBN 978-7-5084-6345-2

I. 水… II. 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 (2009) 第 034060 号

书 名	普通高等教育“十一五”国家级规划教材 高等学校水利学科专业规范核心课程教材·农业水利工程 水泵及水泵站
作 者	主 编 扬州大学 刘 超 副主编 河海大学 徐 辉 主 审 河海大学 田家山
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn
经 售	电话: (010) 68367658 (营销中心) 北京科水图书销售中心 (零售) 电话: (010) 88383994、63202643 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
刷 印	北京市兴怀印刷厂
规 格	175mm×245mm 16开本 17印张 392千字
版 次	2009年9月第1版 2009年9月第1次印刷
印 数	0001—4000册
定 价	30.00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

总 前 言

随着我国水利事业与高等教育事业的快速发展以及教育教学改革的不断深入，水利高等教育也得到很大的发展与提高。与1999年相比，水利学科专业的办学点增加了将近一倍，每年的招生人数增加了将近两倍。通过专业目录调整与面向新世纪的教育教学改革，在水利学科专业的适应面有很大拓宽的同时，水利学科专业的建设也面临着新形势与新任务。

在教育部高教司的领导与组织下，从2003年到2005年，各学科教学指导委员会开展了本学科专业发展战略研究与制定专业规范的工作。在水利部人教司的支持下，水利学科教学指导委员会也组织课题组于2005年底完成了相关的研究工作，制定了水文与水资源工程，水利水电工程，港口、航道与海岸工程以及农业水利工程四个专业规范。这些专业规范较好地总结与体现了近些年来水利学科专业教育教学改革的成果，并能较好地适用不同地区、不同类型高校举办水利学科专业的共性需求与个性特色。为了便于各水利学科专业点参照专业规范组织教学，经水利学科教学指导委员会与中国水利水电出版社共同策划，决定组织编写出版“高等学校水利学科专业规范核心课程教材”。

核心课程是指该课程所包括的专业教育知识单元和知识点，是本专业的每个学生都必须学习、掌握的，或在一组课程中必须选择几门课程学习、掌握的，因而，核心课程教材质量对于保证水利学科各专业的教学质量具有重要的意义。为此，我们不仅提出了坚持“质量第一”的原则，还通过专业教学组讨论、提出，专家咨询组审议、遴选，相关院、系认定等步骤，对核心课程教材选题及其主编、主审和教材编写大纲进行了严格把

关。为了把本套教材组织好、编著好、出版好、使用好，我们还成立了高等学校水利学科专业规范核心课程教材编审委员会以及各专业教材编审分委员会，对教材编纂与使用的全过程进行组织、把关和监督。充分依靠各学科专家发挥咨询、评审、决策等作用。

本套教材第一批共规划 52 种，其中水文与水资源工程专业 17 种，水利水电工程专业 17 种，农业水利工程专业 18 种，计划在 2009 年年底之前全部出齐。尽管已有许多人为本套教材作出了许多努力，付出了许多心血，但是，由于专业规范还在修订完善之中，参照专业规范组织教学还需要通过实践不断总结提高，加之，在新形势下如何组织好教材建设还缺乏经验，因此，这套教材一定会有各种不足与缺点，恳请使用这套教材的师生提出宝贵意见。本套教材还将出版配套的立体化教材，以利于教、便于学，更希望师生们对此提出建议。

高等学校水利学科教学指导委员会

中国水利水电出版社

2008 年 4 月

前 言

《水泵及水泵站》是水利水电工程、农业水利工程（原农田水利工程）专业的一门主要专业课程。20世纪60年代以来，我国已出版一批《水泵及水泵站》教材，在教学中得到了较好的应用。近年来，教育部、财政部实施“高等学校本科教学质量与教学改革工程”中提出建设高质量教材，启动“万种新教材建设项目”，加强新教材和立体化教材建设。《水泵及水泵站》通过评审作为普通高等教育“十一五”国家级规划教材和高等学校水利学科专业规范核心课程教材列入出版计划。要求新教材紧密结合教学改革，积极创新，有助于教学质量的提高。

本教材的编写以高等学校水利学科教学指导委员会、教材编审委员会讨论确定的有关专业规范的规定和本科专业目录调整后修订的教学大纲为基本要求，在基本理论、基本概念和基本方法的阐述方面尝试引入探究式学习，注意启发学生思考，激发学生的创新意识，注重培养学生分析解决实际问题的能力。在教材内容方面增加本学科新的较成熟的研究成果，包括新型水泵、新的水泵选型方法、计算流体力学的应用和水泵机组的故障分析与诊断等。增加了较多的图片和三维图形资料，更加形象直观，提高学生对所学知识的兴趣，增加理解和掌握知识的深度。

教材的编写是十分繁杂而重要的工作。我国水泵站建设发展规模世界第一，分布很广，类型众多，总体上东部平原地区以低扬程泵站为主，西部高原山区以高扬程泵站为主，教材的内容要适当兼顾不同地区不同类型的泵站，兼顾不同的需要。在泵站选型方法上增加了低扬程水泵的选型，提出了等扬程加大流量的方法。在水锤计算方面，保留了部分图解法的内

容，因为图解法的几何意义明确，概念清晰，便于学生理解；事实上，早在20世纪70年代国内就已有学者按照图解法的思路编制了计算机程序来计算水锤，很便捷准确。而目前在工程实际中大多采用特征线方法，有现成的计算机软件可用，则较为便利，故在教材的内容上增加了介绍水锤计算的特征线法，不同学校在采用本教材时可以因地制宜加以取舍。书中增加了泵站自动化内容的介绍，以适应发展需要。编写中尽量删繁就简，避免内容重复，也注意不与其他课程的内容重复。

按照高等学校水利学科专业规范核心课程教材编审委员会通过的编写要求和分工，本书各章节的编写分工为：前言、绪论、第1章、第2章、第6章由刘超教授负责编写；第3章、第4章由徐辉教授负责编写；第5章由于永海教授负责编写；7.1节、7.2节、10.1节、10.2节、11.2节由周济人副教授负责编写；第8章、14.2节由饶碧玉教授负责编写；第9章由陈毓陵教授负责编写；10.3节、10.4节由朱红耕教授负责编写；10.4节、11.1节、11.4节由陆林广教授负责编写；11.3节、第12章、14.1节由姚青云教授负责编写；第13章、14.3节由汤方平教授负责编写。成立、史旺旺和郑天柱副教授参加了部分编写工作。全书的统稿工作由刘超教授负责。

本书由河海大学田家山教授主审。

作者在编写过程中做了很多努力，以减少书中的错误和疏漏，唯恐难以避免，恳请读者给予指正。

本书编写过程中，参阅引用了许多文献资料，特向有关作者致谢！部分研究生参与了书中的部分绘图及文稿的录入等工作。

编者向所有对本书编写工作给予支持和帮助的人表示衷心的感谢！

编 者

2008年8月



目 录

总前言

前言

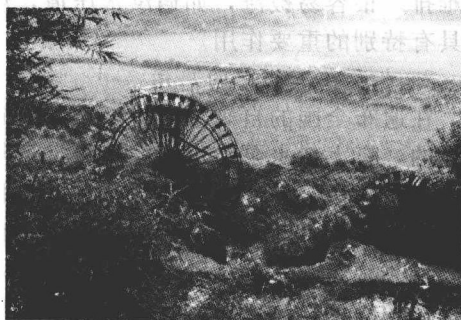
绪论	1
0.1 水泵及水泵站的应用	1
0.2 国外调水工程与水泵站	3
0.3 中国调水工程与水泵站	6
第1章 水泵类型与构造	9
1.1 水泵分类	9
1.2 水泵的构造	11
1.3 抽水装置	19
1.4 水泵的工作参数	22
第2章 水泵基本理论	27
2.1 泵内流动分析	27
2.2 水泵的基本方程	29
2.3 轴流泵升力理论	32
2.4 相似律	35
2.5 比转速	38
第3章 水泵能量性能	40
3.1 水泵的理论性能	40
3.2 水泵的实际性能	43
3.3 水泵全工况（四象限）性能	47
3.4 水泵的装置性能	52
第4章 水泵运行工况点与调节	53
4.1 水泵运行工况点	53

4.2	水泵并联运行	55
4.3	水泵串联运行	57
4.4	水泵在分支管路中运行	58
4.5	水泵工况的调节	60
第5章	水泵在特殊条件下的运行	67
5.1	飞逸条件下的水泵特性	67
5.2	水泵作水轮机运行	73
5.3	水泵逆转抽水运行	75
第6章	水泵汽蚀性能	77
6.1	水泵的汽蚀	77
6.2	水泵的汽蚀基本方程	80
6.3	汽蚀余量	82
6.4	水泵的吸上真空高度	84
6.5	汽蚀相似律与汽蚀比转速	85
6.6	水泵安装高度和汽蚀防护	86
第7章	水泵选型和配套	89
7.1	水泵选型	89
7.2	水泵的动力机配套	91
7.3	传动装置	94
7.4	泵站辅助设备	99
7.5	泵站自动化系统	111
第8章	水泵站工程规划	117
8.1	排灌泵站规划	117
8.2	城市水泵站规划	129
8.3	泵站枢纽布置	132
第9章	泵房	136
9.1	泵房的结构型式	136
9.2	泵房内部布置与尺寸确定	140
9.3	泵房整体稳定分析	146
9.4	泵房主要构件及计算	149
第10章	进水建筑物	159
10.1	引水渠	159
10.2	前池	162
10.3	进水池	167
10.4	进水流道	173

第 11 章 出水建筑物	181
11.1 出水池	181
11.2 压力水箱	187
11.3 出水管道	189
11.4 出水流道	199
第 12 章 泵站水锤计算和防护	209
12.1 泵站水锤现象	209
12.2 停泵水锤计算	211
12.3 泵站水锤防护措施	224
第 13 章 水泵机组振动、噪声和故障分析	229
13.1 水泵机组振动	229
13.2 噪声	239
13.3 故障分析	244
第 14 章 其他类型水泵	247
14.1 井泵	247
14.2 水轮泵	250
14.3 射流泵	252
14.4 螺旋泵	255
参考文献	260

绪 论

水泵是一种转换、传送能量的机械。动力机驱动水泵运转，动力机的机械能通过水泵转换为水的动能和势能，也就是把动力机的能量传给水，达到提水和增大水的压力的目的。因而水泵也是一种提水机械。在我国提水机械自古就有之，我们的祖先早在公元之初就创造了用来提水的工具，其中应用最广泛、历史最长的当属水车。东汉年间人类就开始使用水车提水，时至今日，在南方山区仍然可以见到水车用来提水灌溉。水车由风力、水力、畜力或人力来驱动，20世纪60年代，我国河网地区曾有大量的风车运转。风车即是以风力驱动的水车，还有牛力拉动的水车、水力驱动的水车以及人力转动的水车等，这些水车为农业灌溉的发展作出了历史性贡献。随着工业的发展，水车早已被水泵所取代，而水泵又以叶片式为主。水泵又称抽水机，水泵通过叶轮的旋转，把叶轮旋转的机械能变成水的势能（位能和压能）及动能。通常水泵由电动机或内燃机驱动，可以连续工作，抽水能力和效率远远高于水车。我国改革开放以来，水泵的制造生产迅速发展，大量的水泵在工业、农业及国民经济其他各部门投入应用，为推动经济建设和社会发展发挥了巨大的作用。



为了安装水泵机组包括其辅助设备等，必须建设必要的建筑物，这就是水泵站。水泵及水泵站课程研究水泵及其辅助设备、配套设施，包括水泵的原理、性能、运用及泵站的工程设计和管理的。

0.1 水泵及水泵站的应用

水泵广泛应用于农业灌溉和排水，为农业生产和减灾防灾服务；水泵也广泛用于工业企业和城镇建设，为工业生产、城镇建设和防洪减灾以及水环境工程服务。

1. 水泵站在农业中的应用

水泵提水灌溉为农作物生长供水，是直接为农业生产服务的。我国地域辽阔，气候跨度大，南方湿润多雨，北方干旱少雨；降雨在时间、空间、地域上分布都很不均匀。我国南方地区降水量较大，江河纵横、湖泊众多，水资源丰富，年降水量在1000mm左右，但降水量夏季较多，冬春较少。南方农作物以水稻为主，用水量大，稻田需水时，要用水泵把水从河道里抽提到灌渠再流入田间。在淮河以北地区年降水则明显减少，愈向北降水愈少，仅为南方的几分之一，且集中在夏季。北方冬春旱情较重，水源十分缺乏，这就需要从南方的长江向北调水。南水北调东线工程从长江下游调水，长江下游地势低，北方地势高，只有利用水泵抽水方能把水送到北方。经过30多年不懈的努力，江苏省基本建成了江水北调工程，通过大中型水泵站源源不断地抽送江水北送，确保淮北农业生产用水，不断扩大灌溉面积和水稻种植面积，粮食产量大幅度提高，苏北成了新的大粮仓，其中机电排灌工程功不可没。现在以该工程为基础，国家南水北调东线工程已经启动，正在抓紧建设。除了调水的大中型泵站，小型水泵站也是星罗棋布，因为把水送到田间离不开这些小型水泵站。迄今为止，小型水泵站的建设和改造仍在不断发展。

水泵在地势低洼的地区还承担区域性排水任务。这不仅包括低洼农田的排水，还包括低洼地区乡镇的排水。在沿江、滨湖、河网圩区，许多地方的地面高程较低，积水难排，很容易被淹，如遇洪水压境，洪涝威胁更大。在抵御洪涝、减灾防灾中，水泵具有特别的重要作用。

2. 水泵在工业中的应用

在遍布全国的自来水厂中，从原水到清水，清水到管网，到用户水箱都是由水泵抽提的，有大量水泵在水厂中运行。近年来，城市水厂的规模和建设水平都在不断扩大和提高，许多水厂还从国外引进了成套先进设备和技术。城镇现代化建设的加快和人民生活质量不断提高，为城市和乡镇自来水工业发展带来极大机遇，发展势头方兴未艾，相当多的乡镇已经兴建自来水厂，还有不少乡镇正在兴建自来水厂。按照国家的规划和现代化建设要求，农村自来水在数年内将达到普及，有成千上万的中、小型水泵及泵站投入运行。在火力发电、核电、炼油和化工等企业亦有许多水泵运行，供给冷却循环水等。此外，纸浆、泥浆等一些固体物料采用液体输送的应用也越来越多，这同样离不开水泵。水泵及水泵站的用途十分广泛，水泵及水泵站在国家经济建设和社会发展的进程中已经并正在发挥着十分重要的作用。

3. 水泵站在城镇建设中的应用

随着城镇建设水平的提高，城市乡镇防洪减灾和环境保护问题愈来愈突出。1991年和1998年的特大洪水曾经使改革后发展起来的城市乡镇工业和基础设施在洪涝灾害中遭受惨重损失，因此对防范洪涝灾害的要求更迫切。这些年来，城市防洪排水工程迅速发展，相应建起了一批排水泵站，如沿江滨湖地区和易成洪水的毗邻山区的城市均建成了一批泵站，用于城市排水，确保城市安全。这几年的雨季洪水频繁，由于这些排水泵站的建成，及时抽排涝水，大大地减轻了洪涝灾害损失，水泵站作出了重大贡献。水泵在城镇污水水上也有较多应用，由于环境要求不断提高，工厂企业产生的污水必须要进行净化后再排放出去，为此兴建了很多污水处理厂。污水集中排放，

进入污水处理厂需要水泵；在污水处理厂内，污水到处理池，再排出厂外，也需要水泵才能实现。污水处理系统内有许多水泵在运行，有单机组，有多机组，也有建成泵站运行的。现代化城市对水环境的要求高，流动的水、清洁的水也都要通过水泵来实现，美丽壮观的喷泉自然更少不了水泵。

0.2 国外调水工程与水泵站

1. 美国提调水工程

(1) 中央河谷工程。始建于1937年，1940年部分建成并送水，其后不断扩建。总投资50余亿美元，年供水100亿 m^3 ，其中灌溉用水50亿 m^3 ，灌溉面积80万 hm^2 ，农产品年产值15亿美元；城市及工业用水4亿 m^3 ，兼有发电、防洪、航运、水资源保护、旅游、生态环境改善等功能。该项工程从北部萨克拉门托河调水至南部的克恩河平原，包括20多座水库，总库容140亿 m^3 ，8座水电站，1座抽水蓄能电站（圣路易斯抽水蓄能电站），总装机180万kW，2座水泵站（特拉西水泵站），800km输水干渠。圣路易斯抽水蓄能电站安装可逆机组8台，单机抽水流量39 m^3/s ，扬程88m，功率4.63万kW，总功率37.04万kW；发电时单机流量46 m^3/s ，功率5.3万kW，总功率42.4万kW。特拉西水泵站装机3台水泵，单机流量34~62 m^3/s ，扬程60多m，总功率9.93万kW。

(2) 加州调水工程。从北部费瑟河调水至南加州。工程包括水库23座，总库容84.5亿 m^3 ，输水干渠1102km（含隧道33km，管道281km），水泵站7级19座，总扬程1151m，渠首引水流量292 m^3/s ，年耗电137亿kWh（含抽水蓄能用电9亿kWh）；水电站8座，年发电66.5亿kWh。其中第一级泵站三角洲水泵站扬程74m，流量292 m^3/s 。而埃德蒙斯顿泵站扬程高达587m，安装14台四级离心泵，单机流量8.9 m^3/s ，总流量124.6 m^3/s ，总功率77.6万kW，年耗电60亿kWh。有2条出水管路，每条长2560m，管路直径由3.86m扩大至4.28m。该泵站是世界上单级扬程最高的泵站之一。

(3) 中部亚历桑那工程。于20世纪60年代末开始建设，大部分已经完成。从科罗拉多河引水到图森，输水总长531km，分八级提水，总扬程884m，总功率55万kW，该工程是亚历桑那州的生命线工程。第一级水泵站为哈瓦苏泵站，扬程251m，从科罗拉多河提水进第一段输水渠，泵站安装6台水泵，单机流量14.0 m^3/s ，单机功率4.5万kW，泵站有2条直径为3.66m的出水管路。

(4) 哥伦比亚盆地工程。在华盛顿州中部，灌溉农田40多万 hm^2 。20世纪50年代修建了当时世界上最大的泵站——大古力泵站，泵站设计流量460 m^3/s ，扬程94m，共安装12台，其中6台为立式混流泵，单机流量45.3 m^3/s ，单机功率4.78万kW（1951年完成）；6台为抽水蓄能可逆机组，单机流量56.6 m^3/s 。泵机功率4.96万kW，发电功率5万kW，单机单管12条出水管，管径3.66m。

(5) 科罗拉多河引水工程。这是加州的又一调水工程，东起科罗拉多河上的派克坝，跨越390km的沙漠和山地至洛杉矶和圣迭戈市地区。渠首流量51 m^3/s ，总提水扬程493m，包括5座泵站，148km隧洞，101km混凝土衬砌渠道，89km混凝土管

道, 144 个倒虹吸, 3 个水库, 492km 高压输电线路。工程极为艰巨, 被誉为美国七大现代化工程奇迹之一。

2. 荷兰提水排灌工程

荷兰北临北海, 地处莱茵河、马斯河和斯凯尔特河三角洲, 海岸线长 1075km。



境内河流纵横, 一半以上的国土在海平面以下。为避免海水涨潮淹没土地, 早在 13 世纪就筑堤坝拦海水, 再用风动水车抽干围堰内的水, 现在水泵早已取代水车。荷兰围海造田几百年, 修筑的拦海堤坝长达 1800km, 增加土地面积 60 多万 hm^2 , 为国土的 20%。

特定的自然环境决定了荷兰建设大量的水泵站, 由于扬程较低, 大部分泵站都采用轴流泵和混流泵。须德海围垦工程采用斜式

安装的轴流泵, 单机流量为 $10\text{m}^3/\text{s}$, 扬程为 4.27m, 而泽顿泵站采用卧式安装的大型轴流泵, 叶轮直径 3.6m, 单机流量 $37.5\text{m}^3/\text{s}$, 扬程仅 1.2m, 泵转速 73 r/min, 齿轮减速传动, 配套功率 924kW。1973 年在阿姆斯特丹附近的北海运河入海口建造的爱莫顿排水泵站, 安装 4 台口径为 3.94m 的大型贯流泵, 是荷兰最大的泵站之一, 抽水总流量 $150\text{m}^3/\text{s}$, 单机流量 $37.5\text{m}^3/\text{s}$, 扬程 2.3m, 总功率 3900kW, 该站可增容至 $350\sim 400\text{m}^3/\text{s}$ 。

20 世纪 60 年代荷兰水泵制造商开发了一种新型“混凝土蜗壳泵”(Concrete Volute Pump), 在荷兰圩区排水及灌溉工程中和世界许多地区广泛采用。这种泵具有轴流式、混流式或径流式叶轮, 一般均为立式泵。泵的壳体用预制的混凝土件拼装组成, 并以之为内衬浇筑钢筋混凝土, 形成牢固的整体外壳, 泵的金属部件仅有转轮、转轮室、泵轴、填料函及压盖、轴承和支承件。转轮直径范围为 1~3m, 适用提水扬程范围 1~15m。如在苏玛圩区修建的泵站采用立式混凝土蜗壳混流泵, 提水扬程范围 1~7m, 单机流量最大 $14\text{m}^3/\text{s}$, 共安装 3 台机组, 进水流道为箕形, 出水流道的出口装有拍门。混凝土蜗壳泵的叶轮直径最大已达 3m。这种水泵不仅用于排水或灌溉, 也已用于工业供水和船坞排水等。

3. 俄罗斯及独联体国家的提水、调水工程

俄罗斯的机电提水灌溉面积约 610 万 hm^2 , 约占其灌溉面积的 50%。由于历史的原因, 一些大型调水工程是跨国家的, 其中乌克兰国在 1957 年建成的英古列茨泵站为当时前苏联功率最大的灌溉供水泵站, 设计扬程 60m, 总装机容量为 29420kW, 单机容量为 4200kW; 阿塞拜疆是用泵船进行灌溉最早的地方, 现在在库拉河和阿拉斯河上建有泵船 100 多座; 土库曼斯坦大量发展了采用深井泵提水的井灌, 1957 年就开始采用远距离集中控制。

乌兹别克斯坦 1973 年建成的卡尔申提灌工程, 由阿姆河提水流量 $200\text{m}^3/\text{s}$, 共灌农田 35000hm^2 , 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, 第一级扬程 17~19m, 其余各级扬程 23~26m, 总扬程 156m, 单泵流量为 $40\text{m}^3/\text{s}$ 。乌克兰的卡霍夫卡提灌工程的提水流量为 $530\text{m}^3/\text{s}$,

渠首泵站扬程 25m, 装机容量 10.8 万 kW。

另外, 从欧洲部分的河流向伏尔加河流域调水, 从西伯利亚向威海调水, 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 10~15m; 第二级泵站计划提水流量为 $2200\text{m}^3/\text{s}$, 扬程 5~60m。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 4000~6500mm, 单泵流量为 $70\sim 150\text{m}^3/\text{s}$, 扬程为 1~20m, 所有泵站的总功率达 150 万 kW。

4. 日本水车站工程

日本全国共有排灌泵站 7200 多座, 中、小型泵站占 90% 以上。大型泵站较少, 典型的有: 1973 年建成的新川河口大型泵站。该泵站装有 6 台叶轮直径为 4m 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, 排水面积 1000hm^2 。该站采用中央控制室远距离操纵, 自动调节水泵叶片角度, 自动选择运行台数, 根据内外水位差和排水流量自动控制辅助设备和自动清污装置。

另外, 三乡排水站 1975 年建成, 装有口径为 4m 的混流泵, 设计扬程 6.3m, 单泵流量为 $50\text{m}^3/\text{s}$, 配套动力为 4560kW 的柴油机。

5. 印度提水灌溉工程

印度重要的提水灌溉工程有伦卡兰萨——贝卡尼尔(Loon Karan Sar—Bikaner)灌溉工程, 是印度最大的提水灌溉工程之一, 灌溉总面积 10 万 hm^2 , 输水干渠长 400km。该工程在拉贾斯坦(Rajasthan)运河左岸建有 4 座泵站, 扬程分别 7.68m、5.71m、14.68m 和 19.87m; 泵站流量分别为 $15.74\text{m}^3/\text{s}$ 、 $14.47\text{m}^3/\text{s}$ 、 $3.34\text{m}^3/\text{s}$ 和 $3.31\text{m}^3/\text{s}$ 。

另一提水灌溉工程是泰维(Tawi)灌溉工程。该工程位于介姆(Jammu)地区的泰维河左岸。提水泵站共安装 6 台立式水泵, 扬程 30m, 单泵流量为 $1.7\text{m}^3/\text{s}$, 灌溉面积为 1000hm^2 。

6. 巴基斯坦调水工程

巴基斯坦西水东调工程是世界上最著名的调水工程之一。从包括印度河在内的西部三条河向东部的三条河调水。工程规模巨大, 共兴建 2 座大型水库, 5 座拦河闸和 1 座倒虹吸工程, 7 条运河, 总长为 589km。总输水流量近 $3000\text{m}^3/\text{s}$, 各项工程在 1965~1975 年完成。工程基本为平交, 附属建筑物有 400 座。除了灌区的小型提水泵站外, 未建设大型泵站。

7. 埃及调水工程

(1) 新河谷工程。新河谷工程简称图什卡工程, 位于纳赛尔湖西南部。全部工程包括: 在纳赛尔湖边的图什卡建一座流量近 $300\text{m}^3/\text{s}$ 的大型泵站, 一条总长 850km 的干渠和 9 条支渠。通过灌溉渠系将西部沙漠中的可耕地和 6 个主要绿洲连为一体, 形成新河谷及新三角洲。总投资 880 亿美元, 开发面积将达 26 万 km^2 , 46% 的西部沙漠土地将得到开发利用。在这个大开发区内计划吸引移民 300 万人。

图什卡第一期工程的主要内容包括: 在纳赛尔湖的西岸建设一大型泵站, 安装 21 台大型水泵, 以 $300\text{m}^3/\text{s}$ 的流量将水提升 52m, 流入干渠; 干渠宽 30m, 深 7m, 长 30km, 支渠总长 168km。挪威、英国和日本等国负责抽水站建设工程, 其造价达 4.4 亿美元。第一期工程已完成, 泵站和渠道已投入运行。一些外国公司已同埃及政

府签订了土地开发协议,并开始试种。

(2) 和平渠工程项目。和平渠工程是北西奈发展项目,主要是建设一条长达 262km 萨拉姆水渠,使尼罗河水穿越苏伊士运河底部引入北西奈沙漠,输水最远可达到北西奈首府阿里什。计划开发 62 万费旦的土地,移民 75 万人。

萨拉姆渠起自尼罗河三角洲东部的大湖地区,引尼罗河(杜米亚特河)水东调。萨拉姆渠水从苏伊士运河底部经隧洞立交穿过,继续东调直达阿里什,工程主干线全长 262km。北西奈开发工程位于沙漠地区,建设条件艰苦,但工程设计标准高,施工质量好,为减少输水工程渗漏损失,采取混凝土全断面衬砌。设有 9 处水泵站,其中在输水干渠上设有 7 级水泵站,逐级提水东调。最后一级用压力管道输水,泵站扬程 75.5m,抽水流量 $52.6\text{m}^3/\text{s}$ 。

穿苏伊士运河工程是埃及西水东调工程中的最大单项工程,工程技术难度最大。设计输水隧洞长 770m,最大输送流量 $160\text{m}^3/\text{s}$,设 4 条圆形隧洞,内径 5.1m。隧洞由英国设计,意大利施工,使用德国盾构机开挖衬砌,隧洞外衬用预制 30cm 厚混凝土拱片,中置 2mm 厚 PVC 薄膜,内衬混凝土厚 32mm,1997 年建成。

0.3 中国调水工程与水泵站

随着我国现代化建设的不断加快,我国水泵站工程得到了很大的发展。2005 年提水灌排面积已达到 3200 多万 hm^2 ,排灌装机总动力超过 8000 万 kW。同时,城市、乡镇以及农村还新建了大批自来水供水水泵站,装机达数百万千瓦,水泵站在灌溉、排水、提供城乡工业和生活用水等方面发挥了重大作用,为现代化建设作出了巨大的贡献。

小型泵站大多分布在平原河网、圩垸等多水源地区,如长江三角洲、珠江三角洲等河网地区。水源丰富,水源水位变幅很小,以低扬程轴流泵为主的小型泵站星罗棋布。我国华北、西北等地区地表水缺乏,大多是抽取地下水灌溉,井泵站集中在这些地区。井泵装机容量占总装机容量的 32%。

我国西南、西北、中南等省的大江大河中上游沿岸地区的水位变幅大,浮动式泵站因地制宜,适应水位升降的船式和缆车式泵站应用广泛。

我国陕西、甘肃、山西、宁夏等省(自治区)的高原地区海拔高,多采用高扬程梯级泵站。如甘肃省景泰川提水工程,1974 年完成第一期工程,其设计流量为 $10.56\text{m}^3/\text{s}$,灌溉面积 2 万 hm^2 ,共分 11 级提水,总净扬程为 445m,装机 103 台套,总装机容量为 6.78 万 kW,单机最大容量 2000kW;1992 年建成的第二期工程灌溉面积 3 万 hm^2 ,共分 18 梯级,总净扬程 602m,装机 195 台套,总装机容量为 17.5 万 kW。陕西省在黄河沿岸韩城县禹门口、合阳县东雷、潼关县港口等三处兴建了多级提水工程,其中东雷提灌工程一级泵站设计流量为 $60\text{m}^3/\text{s}$,灌溉面积 6.5 万 hm^2 ,分 8 级提水,总净扬程为 311m,总装机容量为 12 万 kW,其二级站水泵额定扬程为 225m,单机容量为 8000kW。

湖北、江苏、安徽、湖南等省的沿江滨湖地区低洼易涝,该地区建有大流量、低扬程大型轴流泵站。如湖北省的江汉平原,已建成大型泵站 60 多座,装机 40 多万

kW。其中樊口泵站装有4台口径为4000mm的大型轴流泵，泵站设计流量为 $214\text{m}^3/\text{s}$ ，装机容量2.4万kW，单机功率6000kW，为轴流泵配套功率之最。

为了解决区域水源紧缺问题，我国从20世纪60年代以来兴建了7个以上跨流域调水工程，大多在东部沿海地区。

引滦入津调水工程采用5级提水，将滦河水引入天津，全线共兴建大型泵站4座，安装大型轴流泵27台，总装机容量2万kW。

山东引黄济青调水工程共建大型泵站5座，总净扬程为45m，安装大型轴流泵30台，总装机容量2.4万kW，一级泵站设计流量为 $45\text{m}^3/\text{s}$ ，将黄河水抽送至青岛。

南水北调工程是中国21世纪特大工程。南水北调的总体布局是：分别在长江下游、中游、上游规划三个调水区，形成南水北调工程东线、中线、西线三条调水线路，与长江、黄河、淮河和海河相互连接的“四横三纵”总体格局。利用黄河贯穿我国从西部到东部的天然优势，通过黄河对水量重新调配，可协调东、中、西部经济社会发展对水资源需求关系，达到我国水资源南北调配、东西互济的优化配置目标。长江下游水量丰富，多年平均入海水量约9600亿 m^3 ，即使在特枯年也有6000多亿 m^3 ，东线工程从长江下游抽水，水源充沛，调水量取决于引水工程规模。

南水北调东线工程在江苏省江水北调工程现有基础上进行扩大延伸。该工程以江都抽水站为起点，京杭大运河为输水主干线逐级提水北送，连通作为调蓄水库的洪泽湖、骆马湖、南四湖、东平湖，在位山附近通过隧洞穿过黄河后可以自流。输水主干线长1150km，其中黄河以南660km，黄河以北490km，输水渠道的90%可利用现有河道和湖泊。东线工程计划分三期实施：应急（第一期）工程，在江苏省江水北调工程（抽江规模 $400\text{m}^3/\text{s}$ ）的基础上，江苏段改扩建部分泵站和输水河道，扩挖山东境内河道和兴建四级泵站，抽江规模扩大至 $500\text{m}^3/\text{s}$ ，2001~2002年建设完成；第二期，在第一期工程的基础上，抽江规模扩大至 $600\sim 700\text{m}^3/\text{s}$ ，多年平均抽江水量90亿~100亿 m^3 ，在东线应急（第一期）工程完成后开工建设，2010年左右建成；第三期，在第二期工程基础上，抽江规模扩大至 $800\sim 1000\text{m}^3/\text{s}$ ，在2030年左右开工建设。东线主体工程由输水工程、蓄水工程、供电工程三部分组成。

1. 输水工程

输水工程包括输水河道工程、泵站枢纽工程、穿黄河工程。

(1) 输水河道工程。引水口有淮河入长江水道口三江营和京杭运河入长江口六圩两处。输水河道工程从长江到天津输水主干线全长1150km，其中黄河以南651km，穿黄河段9km，黄河以北490km。分干线总长740km，其中黄河以南665km。输水河道90%利用现有河道。

(2) 泵站枢纽工程。东线的地形以黄河为脊背向南北倾斜，引水口比黄河处地面低40m左右。从长江调水到黄河南岸需设13个梯级抽水泵站，总扬程65m，穿过黄河可自流到天津。

黄河以南除南四湖内上、下级湖之间设1个梯级，其余各河段上设3个梯级。黄河以南输水干线上设泵站30处，其中主干线上13处，分干线上17处，设计抽水能力累计 $10200\text{m}^3/\text{s}$ ，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 $1100\text{m}^3/\text{s}$ ，装机容量11.05万kW。一期工程仍设13个梯级，泵站23处，装机容