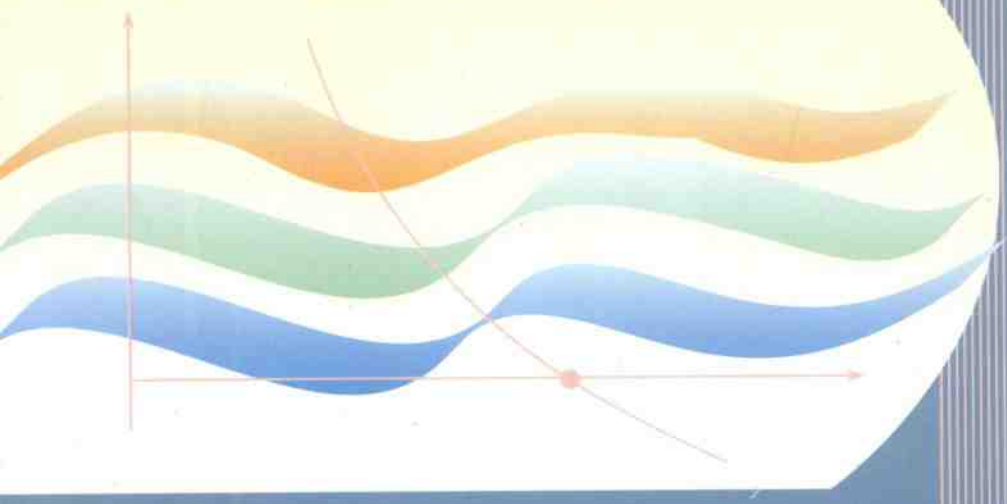
教育部人才培养模式改革和开放教育试点教材

水利水电工程专业系列教材

# 水电站及泵站建筑物

温新丽　等编

shuidianzhan ji bengzhan jianzhuwu



中央廣播电視大學出版社

水利水电工程专业系列教材

ISBN 7-304-02187-X

9 787304 021870 >

定价：30.00 元

水利水电工程专业系列教材

# 水电站及泵站建筑物

温新丽　等编

中央广播电视大学出版社

**图书在版编目（CIP）数据**

水电站及泵站建筑物/温新丽等编．—北京：中央广播电视大学出版社，2002.1
水利水电工程专业系列教材
ISBN 7－304－02187－X

Ⅰ．水…　Ⅱ．温…　Ⅲ．①水力发电站—建筑—电视大学—教材②泵站—建筑—电视大学—教材　Ⅳ．TV73

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2002）第 004031 号

**版权所有，翻印必究。**

水利水电工程专业系列教材
**水电站及泵站建筑物**
温新丽　等编

---

**出版·发行**：中央广播电视大学出版社
**电话**：发行部：010－68519502　　总编室：010－68182524
**网址**：http://www.crtvup.com.cn
**地址**：北京市海淀区西四环中路 45 号
**邮编**：100039
**经销**：新华书店北京发行所

---

**印刷**：北京市德美印刷厂　　**印数**：2001～4000
**版本**：2002 年 1 月第 1 版　　2004 年 7 月第 2 次印刷
**开本**：787×1092　1/16　　**印张**：23.25　　**字数**：534 千字

---

**书号**：ISBN 7－304－02187－X/TV·7
**定价**：30.00 元

---

（如有缺页或倒装，本社负责退换）

水利水电工程专业系列教材

## 课程建设委员会名单


顾　问：陈肇和（教授　北京水利水电管理干部学院）

主　任：刘汉东（教授　华北水利水电学院）

副主任：葛文辉（教授级高工　水利部建设司建设管理总站）

蒋克中（副主任　中央电大理工部）

段　虹（常务副主任　水利部试点办公室）

委　员（按姓氏笔画排列）

王　圻（副教授　中央电大）

牛文臣（教授　华北水利水电学院）

牛志新（处长　河南电大教务处）

司马寿龙（教授级高工　河南省水利厅）

刘宪亮（教授　黄河水利职业技术学院）

孙东坡（教授　华北水利水电学院）

孙明权（教授　华北水利水电学院）

李光勉（教授级高工　水利部黄委会设计研究院）

李国庆（教授　华北水利水电学院）

陈德新（教授　华北水利水电学院）

张立中（教授　华北水利水电学院）

张庆元（副校长　河南电大）

张俊芝（副教授　南昌水利水电高等专科学校）

周克己（教授　武汉大学）

赵中极（教授　华北水利水电学院）

郭雪莽（教授　华北水利水电学院）

鲁志勇（副教授　华北水利水电学院）

董增川（教授　河海大学）

鄢小平（讲师　中央电大）

秘　书：董幼龙（高级工程师　华北水利水电学院）


此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com

# 前　言

本书是根据中央广播电视大学1999年7月审定的《水电站及泵站建筑物教学大纲》编写的，是中央广播电视大学开放教育水利水电工程专业的系列教材之一。

全书除绪论外共分二篇十章。第一篇为水电站建筑物，主要讨论水电站引水系统的布置、结构设计和水力计算。其中包括水电站调节保证计算，调压室布置及水力计算原理，水电站厂区枢纽的布置设计和结构特点。第二篇为泵站建筑物，主要讲述泵站规划及泵的运行特性，泵站进、出水建筑物及泵站管路工程，以及泵房的布置设计。通过学习，学生可获得有关水电站及泵站建筑物的基本理论、基本知识与基本技能，为今后从事水电站及泵站工程的规划、设计、运行和管理打下基础。

本书绪论、第四章、第五章、第六章由华北水利水电学院温新丽编写，第七章、第八章由华北水利水电学院王玲花编写，第一章、第二章、第三章由华北水利水电学院郭雪莽和漳卫南运河四女寺工程枢纽管理局张朝温编写，第九章、第十章由河南广播电视大学孙冬青编写。全书由温新丽统稿。

本书由郑州大学马跃先教授、华北水利水电学院牛文臣教授、黄河水利职业技术学院刘宪亮教授、中央广播电视大学吴铭磊教授审定。马跃先为主审。审定专家对本书进行了认真的审阅，并给予热情的指导和帮助。中央广播电视大学王圻参加了本书的教学设计。在本书的编写过程中参考了有关院校和科研单位编写的教材、专著和论文。编者在此一并致谢。

由于我们水平有限，对编写电大教材缺乏经验，书中会存在不少缺点、错误和问题，恳切希望读者给予批评指正。

编　者

2001年10月

# 目　录

绪　论 …… (1)
第一节　水力发电概述 …… (1)
第二节　我国灌排事业发展概况 …… (5)
第三节　本课程的性质、任务和特点 …… (9)

## 第一篇　水电站建筑物

第一章　水电站的布置形式及组成建筑物 …… (12)
第一节　水电站的基本开发方式及其布置形式 …… (12)
第二节　水电站的组成建筑物 …… (20)
第二章　水电站进水口及引水建筑物 …… (22)
第一节　进水口的功用和要求 …… (22)
第二节　有压进水口 …… (23)
第三节　无压进水口及沉沙池 …… (33)
第四节　引水道 …… (35)
第五节　压力前池与日调节池 …… (41)
第三章　水电站压力管道 …… (50)
第一节　压力管道的功用、类型 …… (50)
第二节　压力管道的线路选择及尺寸拟定 …… (52)
第三节　明钢管的敷设方式及附件 …… (55)
第四节　作用在明钢管上的力 …… (61)
第五节　明钢管的结构分析 …… (63)

第六节 明钢管的抗外压稳定 …… (76)
第七节 分岔管 …… (79)
第八节 地下埋管 …… (86)
第九节 混凝土坝体压力管道 …… (96)

第四章 水电站的水击及调节保证计算 …… (106)

第一节 概 述 …… (106)
第二节 水击现象及其传播速度 …… (107)
第三节 水击基本方程及边界条件 …… (110)
第四节 简单管水击的解析计算 …… (114)
第五节 复杂管道水击计算 …… (127)
第六节 机组转速变化计算 …… (130)
第七节 调节保证计算标准和改善调节保证的措施 …… (134)
第八节 调节保证计算例题 …… (137)

第五章 调 压 室 …… (145)

第一节 调压室的功用、要求及设置条件 …… (145)
第二节 调压室的工作原理及基本方程 …… (147)
第三节 调压室的布置方式和类型 …… (150)
第四节 调压室水位波动计算的解析法 …… (153)
第五节 调压室水位波动的差分法计算 …… (156)
第六节 调压室水位波动的稳定问题 …… (161)
第七节 调压室水力计算条件 …… (163)

第六章 水电站厂房设计 …… (167)

第一节 水电站厂房的任务、组成及类型 …… (167)
第二节 水电站厂房设计所需资料和设计程序 …… (172)
第三节 水轮发电机 …… (175)
第四节 水电站厂房内的辅助设备 …… (179)
第五节 主厂房的布置 …… (184)
第六节 主厂房的轮廓尺寸 …… (192)
第七节 副厂房的布置 …… (200)
第八节 厂房的采光、通风、防潮及交通 …… (204)
第九节 厂区布置 …… (207)
第十节 水电站厂房的结构特点 …… (211)

第十一节　厂房整体稳定及地基应力……（216）
第十二节　其他类型厂房……（219）

## 第二篇　泵站建筑物

第七章　泵站规划及泵的运行特性……（236）
第一节　泵站分类与特点……（236）
第二节　泵站规划……（237）
第三节　水泵选型及辅助设备……（241）
第四节　泵站基本组成建筑物……（245）
第五节　单泵运行工作点的确定……（250）
第六节　泵的并联和串联运行……（256）
第八章　泵房布置设计……（270）
第一节　泵房结构形式及适用条件……（271）
第二节　泵房的设备布置及尺寸确定……（277）
第三节　泵房的整体稳定分析……（289）
第四节　卧式机组基础及动力特性……（297）
第五节　通风设备……（301）
第九章　泵站进水及出水建筑物……（311）
第一节　引水建筑物……（311）
第二节　前池与进水池……（315）
第三节　出水池及压力水箱……（326）
第四节　泵站进水流道……（332）
第五节　出水流道……（336）
第十章　管路工程……（340）
第一节　进、出水管路……（340）
第二节　出水管路的支承结构及受力分析……（348）
第三节　泵站管路水击计算及防护措施……（353）
参考文献……（364）

# 绪　论

*学习指导*

**要求：**建立水力发电的概念，了解水力发电的特点、我国水能资源的特点及水电事业发展状况；了解泵站在农田水利、城市给水和排水工程中的应用，国内外机电灌排事业的发展概况；理解本课程的性质，明确本课程的任务。

**重点：**水力发电及我国水能资源的特点，本课程的内容及任务。

## 第一节　水力发电概述

### 一、水力发电的特点

水能是河川径流所具有的天然资源，是能源的重要组成部分。在天然河流上，修建水工建筑物，集中水头，通过一定的流量将“载能水”输送到水轮机中，使水能转换为旋转机械能，带动发电机发电，由输电线路送往用户。这种利用水能资源发电的方式称为水力发电。水力发电的优点是：

结合以前所学的相关课程，建立水力发电的概念。

(1) 取之不尽，用之不竭。煤、石油、天然气等矿物资源是不可再生的，越用越少。水能资源则是随水循环（降水、径流、蒸发、降水）周而复始地不断再生的能源，取之不尽，用之不竭。太阳能、风能、潮汐能等，也是再生能源，但由于大规模地开发利用的技术不成熟，发电不稳定，成本很高，目前还不能大量利用。

水能资源最大的优点是可以再生。

(2) 不耗燃料，成本低廉。水电站建成投产以后不需要消耗燃料，故可以节省能源。其运行和维修费用低，工程使用寿命长，总的劳动生产率高，发电成本均比火电、核电低。

(3) 调峰灵活，水火互济。电力用户的用电量是时刻变化着的，因此，电网中的日负荷有高峰也有低谷。火电站、核电站从开机到正常运行通常需要几个小时，宜担负基荷运行；而水电站启动灵活，在1~2分钟内，就能从停机状态达到满负荷运行、并网供电，便于调整出力，在并网运行中是担负峰荷与腰荷的可靠电源。

(4) 综合利用，多方得益。如果水电站枢纽具有容量较大的水库，则除发电外，还可以兼顾防洪、灌溉、航运、供水、旅游、水产养殖等综合利用效益。

(5) 环境优美，能源洁净。水电站多建在僻静的山谷之中，远离城市、厂矿。大坝上游形成水库，碧波涟漪，环境幽静，水体纯洁，空气清新，湖光山色，可以成为风景游览区。

水电开发一方面具有上述优点，但另一方面也受到自然条件的制约。

(1) 水能资源只能就地开发，不少地区的水能资源很丰富，但由于当地经济不发达，交通不便，难于充分开发和利用。大部分水电站至负荷中心或与电网联接点有相当距离，需要修建昂贵的输变电工程。

水电工程工期：小型工程3~5年，中型工程8~10年，大型工程10年以上。

(2) 水电站的出力受河流流量变化的影响，我国大部分河川径流的年内和年际变化较大，水电站丰、枯期的出力随之发生变化，为了较好地利用水能资源，在有条件的地方需要修建一些调节水库，但修水库淹没土地多，人口搬迁困难。

(3) 水电建设需要进行充分的前期工作，工程规模相对较大，建设工期较长，一次性投资较大。

无论是综合利用方面、地理地形方面、投资方面，还是同其他形式发电配合方面，我国的水力资源开发无不具备着极其优越的条件。我们必须正确利用和积极开发这一资源，加快我国工业、农业、交通运输业等领域的发展。

## 二、我国的水能资源特点

我国幅员辽阔，江河纵横，湖泊众多，水能蕴藏量极为丰富。根据水电部水力发电建设总局1981年汇编的《全国水资源普查成果》，除台湾省外，全国水能总蕴藏量为676 047.1 MW，相应年发电量59 222亿kW·h，占世界首位。我国水能资源有以下特点：

(1) 总量十分丰富，而人均资源量并不富裕。按规划数据统计，我国水能实际可开发量近378 532 MW、相应年发电量19 233亿kW·h左右，居世界第一位。以电量计，约占世界总量的15%。而我国人口却占世界的

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com

21 %，因此人均资源并不富裕。到 2050 年，我国要达到中等发达国家水平，如按人均装机 0.001 MW 计，全国电力总装机为（1.5 ~ 1.6）× $10^6$ MW。常规水电即使全部开发出来，加上抽水蓄能电站，水电比例也只占 30 % ~ 40 % 左右。

由于受水量、落差、地形、地质、土地淹没、移民、政治、经济、交通、施工技术等因素的制约，一条河流的水能蕴藏量不能完全开发，只能开发其中的一部分，这称为实际可开发水能资源。

（2）地区分布极不均衡，与经济发展的现状更不匹配。从表 0－1 可以看出，经济比较发达的东北、华北和华东 3 个地区，其水能资源总共只占全国可开发水能资源的 6.8 %，水能资源相对较少。尤其是华东地区，可能开发的水能资源很少，加之人口密度大，使得水电站建设要面临更为严峻的土地淹没和人口迁移问题。东北地区待开发的大型水电站中相当一大部分位于国际河流上，其开发需要通过国际协商才能确定。华北地区水资源的开发首先要满足供水的需要。中南地区的水能资源较东部丰富，占全国可开发水能资源的 15.5 %，经济也比较发达，对水电开发比较有利。西北地区可开发水能资源占全国的 9.9 %，其中黄河上游干流是水电富矿，到 80 年代末已开发了相当大的一部分。西南地区集中了全国可开发水能资源的 67.8 %，绝大多数巨型水电站都位于该地区，但由于该地区经济发展水平相对落后，交通不便，以及人口相对稀少，故只开发了极小部分。

**表 0－1 中国水能蕴藏量及可开发的水能资源**

| 地 区 | 水能蕴藏量 | | | 可能开发的水能资源 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 装机容量/MW | 年发电量/(kW·h) × $10^8$ | 占全国比重/% | 装机容量/MW | 年发电量/(kW·h) × $10^8$ | 占全国比重/% |
| 华北地区 | 12 299.3 | 1 077.4 | 1.8 | 691.98 | 232.25 | 1.2 |
| 东北地区 | 12 126.6 | 1 062.3 | 1.8 | 1 199.45 | 383.91 | 2.0 |
| 华东地区 | 30 048.8 | 2 632.3 | 4.4 | 1 790.22 | 687.94 | 3.6 |
| 中南地区 | 64 083.7 | 5 613.8 | 9.5 | 6 743.49 | 2 973.65 | 15.5 |
| 西南地区 | 473 311.8 | 41 462.1 | 70.0 | 23 234.33 | 13 050.36 | 67.8 |
| 西北地区 | 84 176.9 | 7 373.9 | 12.5 | 4 193.77 | 1 904.93 | 9.9 |
| 全 国 | 676 047.1 | 59 221.8 | 100.0 | 37 853.24 | 19 233.04 | 100.0 |

（3）总开发率很低，东西开发差异极大。仍以规划数据统计，全国平均开发率按电量算仅 9.12 %，位居世界第 83 位，排在很多发展中国家如印度、越南、泰国、巴西、埃及等国家之后，与中国这样一个发展中大国的地位极不相称。但在东部，水电开发率很高，除国际界河外，已开发 70 % 以上，可开发的大型水电站只剩下 4 座，共 1 610 MW，即黑龙江的尼尔基电站（250 MW）、浙江的摊坑电站（600 MW）和大均电站（460 MW）、福建的街面电站（300 MW）。而西部的水电开发才刚刚开始，开发率仅 7.5 %。因此在 21 世纪，要结合国家的西部大开发战略，大力开发西部水

电，实施大规模的西电东送，以实现资源的优化配置和电源结构的合理调整。

（4）我国水电资源相对集中在一些高山大河地区，不少水电站的装机容量超过1 000 MW，如三峡水电站的装机容量达 18 200 MW，在金沙江上修建的溪落渡水电站的装机容量也将超过 10 000 MW。雅鲁藏布江下游的墨脱电站，计划开凿 35 km 长的隧洞，引水 2 000 $m^3/s$ 以上，落差可超过 2 000 m，电站装机可达 45 000 MW。这些大型电站，水头高，单机容量大，带来很多技术难题，且淹没损失大，移民数量多，这在人口较密的地区尤为突出。

## 三、我国水电发展概况

我国的第一座水电站——云南石龙坝水电站建成于1912 年。抗战时期，在内地建设了一些水电站，但都是规模极小的水电站，仅在东北修建了丰满（未全部建成）和水丰（在中朝边境鸭绿江上，与朝鲜合建）两座大型水电站和镜泊湖中型水电站，在台湾修建了日月潭第一、第二中型水电站。中华人民共和国成立的前夕，丰满水电站遭到了严重破坏，1949 年全国水电发电设备容量仅为 160 MW（不包括台湾省，下同）。新中国成立后，修复并续建丰满等水电站，并着手修建一批新的水电站。50 年代对永定河、古田溪、龙溪河、以礼河、猫跳河等河流进行了梯级开发，修建了淮河流域的淠史河水电站群。50 年代后期开工的水电站有 40 余座，其中大型水电站有新安江、新丰江、柘溪、丹江口、刘家峡、盐锅峡、三门峡等。50 年代末至 60 年代，包括水电在内的电力工业受整个经济的影响，发展速度减缓。自 70 年代起，电力工业又迅速发展，大、中、小型水电站装机容量迅速增长，先后建成了乌江渡、葛洲坝、龙羊峡等各具特色的大型和巨型水电站。

大、中、小型水电站是根据其装机容量划分的。装机容量在 2 000 MW 以上的为巨型水电站。

到 1998 年底，全国已建水电站装机容量 65 060 MW，年发电量 2 043 亿 kW·h 时，继美国、加拿大之后居世界第 3 位，在建规模约 46 000 MW。全国水电装机容量和发电量已占全国电力总装机容量和发电量的 23.4 % 和 17.8 %。

70 年代根据我国能源开发的规划，有关部门提出了开发 10 个水电基地的设想，即在那些水力资源丰富、开发条件良好的河流或河段上，比较集中地开发建设 10 个大型水电基地，作为本世纪末到下世纪初的骨干电源。以后又增加 2 个水电基地，共计 12 个水电基地。12 大水电基地可装机容量为 205 232 MW，年发电量 9 458.8 亿 kW·h。

12 大水电基地的位置和规模，详见《中国水利》。

按规划我国水电发展分二步走。第一步是 2001 年至 2010 年，这期间，

三峡、龙滩、小湾、公伯峡、水布垭等一大批水电站将建成发电。到2010年，也就是中国开始水电建设100年时，水电装机容量达到（1.4～1.5）$\times 10^5$ MW，超过美国居世界第一，实现从资源第一大国到生产第一大国的转变。水电装机的比例将由连年下滑转向攀升，从20世纪末的23%提高到30%左右。第二步是2011年至2050年，基本完成水电的开发，开发率达到90%左右。这时装机容量约为$4.3\times 10^5$ MW，以墨脱电站（装机容量38 000 MW）为代表的十几座装机容量在5 000 MW以上的巨型电站基本开发完毕。西电东送的规模超过$1.5\times 10^5$ MW，东中部受电区的抽水蓄能电站将得到大规模的发展，进而为东部沿海风电的大量开发，创造了有利条件。

可以预见，新的世纪是水电大发展的时代，中国的水电开发技术将随着我国水电建设事业的发展达到世界领先水平。

## 第二节 我国灌排事业发展概况

中国是农业大国，但同时也是水资源相对短缺、时空分布不均衡、水旱灾害频繁的国家。中国人均水资源占有量只有世界人均水平的1/4，水资源在时空分布上的不均匀和水土资源组合错位，造成季节性和区域性干旱缺水问题十分突出，使工农业的发展在很大程度上依赖于灌溉和排水的发展。

水资源和水能（力）资源是两个不同概念，应注意区分。

### 一、水泵站的任务

水泵站是机电排灌工程中的一部分。水泵站的任务是利用动力机（内燃机、电动机）带动水泵或其他提水机具进行提水，通过沟渠对农田进行灌溉和排除涝水。

泵站有多种分类方法，按照其规模大小可分为大型泵站、中型泵站和小型泵站；按照其扬程高低可分为高扬程泵站、中扬程泵站和低扬程泵站；按照操作条件及方式，可分为人工手动控制泵站、半自动化泵站、全自动化泵站和遥控泵站等。

### 二、国外泵站建设特点和发展趋势

国外泵站建设水平较高，比较先进的国家有前苏联、美国、日本、荷

兰等。前苏联的泵站建设是随着水电站的建设而发展的。日本和荷兰是在围海造田、开垦沼泽地过程中发展起来的。国外泵站建设特点和发展趋势有以下几个方面：

（1）机组趋向大型化、高速化。20 世纪 70 年代水泵叶轮直径已达 6 m，整个泵站的抽水能力愈来愈大，不仅低扬程的排水泵站流量很大，而且高扬程泵站的抽水能力也很大，总装机容量大。电动机转速选用得很高。机组大都采取变速传动，比较经济。另外有相当多的泵站采用柴油机作为动力。

（2）水泵型式、机组装置方式多样化。水泵型式除离心泵、混流泵、斜流泵、轴流泵外尚有贯流式水泵、螺旋泵等。在装置上，机组安装有立、卧、斜方式，还有串、并联形式。在低扬程泵站中，趋向配置贯流式机组，效率高，总投资也省。

（3）重视动能经济。在多级调水工程中，一般设有调节水库，并设置抽水蓄能机组，利用电力系统低负荷时抽水，高负荷时发电。各种泵站的运行管理指标和装置效率均有较高的水平。

低负荷时电价低，高负荷时电价高。

（4）泵房结构及流道形式不断创新。已出现露天式、潜水式泵房，造价较低。日本低扬程立式泵站趋向采用钟形进水流道及蜗型出水室再接平直出水管，这种进出水流道的组合，可使泵房底板抬高，泵房高度减小。断流方式采用快速闸门或缓冲拍门。出水建筑较少采用工程量大的虹吸式出水管。

（5）泵站自动化程度日益提高。从机组启动、运行、监视到停机等全过程都可实行自动化。电子计算机在泵站管理中的应用也很广泛，这不仅可以节省人力、时间，而且对安全经济运行以及多级站的统一调度，均起到了重要作用。

自动化程度以日本、美国为最高。

## 三、我国机电排灌事业发展概况

### （一）发展概况

随着我国工农业生产的发展和科学技术的进步，我国泵站工程得到了很大发展。我国排灌泵站的发展先后经历了 20 世纪 50 年代的摇摇起步，60 年代的稳步发展，70 年代的突飞猛进，80 年代的巩固提高和 90 年代的更新改造几个阶段。到 1997 年底，全国已建成固定排灌泵站 50 万座，总装机 21 400 MW，担负着全国 $1.24\times10^7$ $hm^2$ 农田的灌溉和 $4.26\times10^6$ $hm^2$ 农田的排涝任务。几十年来，排灌泵站在抗御洪涝干旱灾害，改善农业生产条件，建设高产稳产农田，跨流域调水，解决城镇供水等方面发挥着愈来

愈重要的作用，取得了显著的经济效益和社会效益。

我国机电排灌事业发展途径是先发展中小型泵站，逐步配以一定数量的大型泵站，最后形成大、中、小型泵站结合的大型排灌网。我国泵站建设的特点是速度快、类型多、规模大、范围广。已建成的大面积的排灌地区有长江三角洲、洞庭湖地区、江汉平原、珠江三角洲及西北的高原灌溉区等。

由于我国地域辽阔，地形复杂，自然条件千差万别，各地区泵站建设的形式和规模也不尽相同。

各地区水泵站的建设规模、形式和特点。

(1) 近30多年来大型低扬程泵站建设发展十分迅速。其特点是扬程低，流量大，自动化程度高。这些泵站主要分布在长江中下游沿江低洼地区。自60年代初兴建江都一站开始，至今先后在江苏、安徽、山东、湖南、湖北、广东、江西等省区建成200多座大型泵站。

(2) 大型高扬程泵站主要分布在陕西、甘肃、宁夏、山西等高原地区，其特点是扬程高，梯级多，工程艰巨。到目前为止，黄河干流上兴建了百余座泵站抽水工程，总灌溉面积约60万 $hm^2$。其中大型泵站34座，甘肃景太川一期工程11个梯级，总净扬程445 m；二期工程规模更大，输水干渠100多km，总净扬程602 m。陕西东雷二级，安装了目前国内最大农用离心泵，其单泵扬程225 m，单机容量8.0 MW。

(3) 机井泵站主要分布在华北和西北地区，这些地区地表水缺乏，从60年代起大力开发利用地下水资源。到目前已发展机井273万眼，最大井深500 m，各型井泵每年抽取地下水（400～500）亿 $m^3$，井灌面积约800万 $hm^2$。

(4) 中小型泵站主要分布在平原、圩垸等水源丰富地区，如长江三角洲、珠江三角洲等。这些地区地势平坦，水位变幅小，泵站星罗棋布，形成大面积的泵站群。这类泵站全国有47万多座。

由于我国水资源在地区上分布不均匀，严重阻碍了缺水地区的工农业发展。为了使水资源得到合理的开发和利用，需进行跨流域调水，而调水一般通过泵站完成。目前我国跨流域调水工程已具有相当规模。已建成的有东（江）—深（圳）工程、引滦入津工程、引黄（河）济青（岛）工程等。

南水北调工程实施后，将从根本上解决我国北方的水资源短缺问题。

南水北调工程是中外关注的国家重点跨流域调水工程。从长江上游引水入黄河，是解决我国西北地区和华北部分地区干旱缺水的战略性工程。整个工程宏伟浩大，分为东线、中线、西线三项工程。

东线工程分二期实施，一期工程由已建成的江都泵站提取500 $m^3/s$ 的长江水北上，送至黄河以南地区。输水线路646 km，新建和扩建泵站20余

座。二期工程抽水 700 $m^3/s$（其中过黄河 200 $m^3/s$）。全线总长 1 150 km，建站 37 座，总装机达 1 030 MW。

中线工程前期研究工作历时多年，1993 年 6 月至 9 月通过国家计委、水利部工程可行性审查。该工程由湖北丹江口水库引水，开挖宽 30 m、深 7 m 的运河 1 241.2 km，过黄河入天津，中途流经湖北、河南、河北三省，每年调水 140 亿 $m^3$。

西线工程取水口位于四川省内，据对通天河、雅砻江、大渡河三条河引水方案的规划研究，年最大可调水量约为 200 亿 $m^3$，其中从长江上游通天河调水 100 亿 $m^3$；从长江支流雅砻江调水约 50 亿 $m^3$；从大渡河调水 50 亿 $m^3$。供水范围初步考虑为青海、甘肃、宁夏、陕西、内蒙古和山西六省区。

东线和中线工程即将开工兴建。

西线工程比东线、中线更为艰巨，仍在研究、论证之中。

随着经济的发展与计算机技术的进步，我国泵站监控自动化技术逐渐发展起来。泵站监控自动化技术经过 20 世纪 60 年代末起步、80 年代的完善和 90 年代的应用三个阶段，目前已发展到一定水平。

**（二）泵站工程发展中应重视的问题**

综上所述，我国自 20 世纪 60 年代以来，泵站工程的发展，就其类型、数量、规模而言，均在世界前列，但还存在一些问题，应引起我们的重视。

（1）重视机组高速化的经济性。提高电机转速，对工程投资会带来显著的经济效益。我国大中型泵站机组基本上采用直联，因此泵站土建及机电投资指标均偏高，与国外相比，差距较大。今后应注重主机组的研制与开发。

（2）机组装置形式应多样化。我国现有机组仍以立式装置为主，卧式及斜式机组偏少，在特低扬程中，选用效率高、投资省的贯流式机组更少。今后应根据泵站的具体特点，选用不同的装置形式。

（3）流道形式应不断创新。我国泵站建设中，进出水流道形式比较单调，进水多采用开挖较深的肘形弯管，出水多采用工程量较大的虹吸式结构，与国外相比这也是不足之处。

（4）注意多种能源的开发利用。我国幅员辽阔，水能、风能、潮汐能和太阳能等自然能源较为丰富，如何因地制宜地发展一些利用自然能源进行抽水的设施，也是我们今后努力的方向。

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com