



普通高等教育“十二五”规划教材

国家示范性高等职业院校 中央财政重点支持建设专业  
水利水电建筑工程专业课程改革系列教材

# 水工建筑物基础

主 编 郭振宇  
副主编 陈 诚 李梅华  
主 审 杨道富



中国水利水电出版社  
[www.waterpub.com.cn](http://www.waterpub.com.cn)



普通高等教育“十二五”规划教材

国家示范性高等职业院校 中央财政重点支持建设专业  
水利水电建筑工程专业课程改革系列教材

# 水工建筑物基础

主 编 郭振宇

副主编 陈 诚 李梅华

主 审 杨道富



中国水利水电出版社  
www.waterpub.com.cn

## 内 容 提 要

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)和《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)等文件精神进行编写的。全书内容共十三章,包括:水资源与水利工程,洪灾及其控制,水利枢纽,重力坝,拱坝,土石坝,河岸溢洪道,水工隧洞,水闸,橡胶坝,过坝建筑物,渠系建筑物,大坝安全管理等。

本书可供高等职业技术学院、普通高等专科学校水利水电建筑工程、工程监理、水利工程、工程造价等专业及相近专业教学使用,也可供水利水电工程技术人员阅读参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

水工建筑物基础 / 郭振宇主编. -- 北京: 中国水利水电出版社, 2011.1

普通高等教育“十二五”规划教材. 国家示范性高等职业院校、中央财政重点支持建设专业、水利水电建筑工程专业课程改革系列教材

ISBN 978-7-5084-8336-8

I. ①水… II. ①郭… III. ①水工建筑物—高等学校—教材 IV. ①TV6

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第009996号

|      |                                                                                                                                |
|------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 书 名  | 普通高等教育“十二五”规划教材 国家示范性高等职业院校中央财政重点支持建设专业 水利水电建筑工程专业课程改革系列教材<br><b>水工建筑物基础</b>                                                   |
| 作 者  | 主编 郭振宇 副主编 陈诚 李梅华 主审 杨道富                                                                                                       |
| 出版发行 | 中国水利水电出版社<br>(北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038)<br>网址: www.waterpub.com.cn<br>E-mail: sales@waterpub.com.cn<br>电话: (010) 68367658 (营销中心) |
| 经 售  | 北京科水图书销售中心(零售)<br>电话: (010) 88383994、63202643<br>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  | 184mm×260mm 16开本 18印张 427千字                                                                                                    |
| 版 次  | 2011年1月第1版 2011年1月第1次印刷                                                                                                        |
| 印 数  | 0001—3000册                                                                                                                     |
| 定 价  | <b>34.00元</b>                                                                                                                  |

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

# 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)和《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)等文件精神进行编写的。

本书内容体现理论与实践有机结合,能完成专业教学要求,能应用于水电行业职业培训,能满足职业技能鉴定要求。本书内容能够反映工学结合的特点,突出实用性和实践性的原则,强化工程观念,以有利于学生综合素质的形成和创新能力的培养。以整体培养规格为目标,加强内容整合,优化内容体系,贯彻以必须、够用为度的原则,为后续课程的学习和可持续教育打下坚实的基础。

本书由黄河水利职业技术学院郭振宇主编,杨道富教授主审。本书的第一章、第二章、第三章由郭振宇编写;第四章的第一节至第五节由王智阳编写;第五章由焦爱萍编写;第六章由李梅华编写;第七章、第八章由王卫编写;第九章由陈诚编写;第十章、第十一章及第一章的第六节、第七节由温国利编写;第十二章由丁秀英编写;第十三章由张鹏旋、赵留香、张营营编写;本书中的案例部分由赵海滨编写。

在本书的编写过程中,中国水利水电建设集团第七工程局的王石连、赵文华、朱洪强、林勇,第八工程局的吕小平,第十三工程局的李猛、盖青等同志以及山东临沂水利总公司、山东恒泰水利总公司等单位技术人员对于本书的编写提出了中肯的意见,在此表示感谢。

对书中存在的缺点和疏漏,恳请广大读者批评指正。

**编者**

2010年10月

# 目录

## 前言

|                   |     |
|-------------------|-----|
| 第一章 水资源与水利工程      | 1   |
| 第一节 水资源与水分循环      | 1   |
| 第二节 水利工程          | 4   |
| 第二章 洪灾及其控制        | 11  |
| 第一节 河流基本知识        | 11  |
| 第二节 洪水和水灾         | 16  |
| 第三章 水利枢纽          | 21  |
| 第一节 水利枢纽的作用、类型和标准 | 21  |
| 第二节 蓄水枢纽          | 23  |
| 第三节 水工建筑物的设计标准    | 29  |
| 第四章 重力坝           | 35  |
| 第一节 概述            | 35  |
| 第二节 重力坝的剖面        | 37  |
| 第三节 重力坝的材料及构造     | 47  |
| 第四节 重力坝的深式泄水孔     | 55  |
| 第五节 重力坝的地基处理      | 59  |
| 第六节 碾压混凝土重力坝      | 64  |
| 第七节 其他形式的重力坝      | 67  |
| 第五章 拱坝            | 76  |
| 第一节 概述            | 76  |
| 第二节 拱坝的布置         | 80  |
| 第三节 拱坝的泄洪和消能      | 86  |
| 第四节 拱坝的构造         | 89  |
| 第六章 土石坝           | 95  |
| 第一节 概述            | 95  |
| 第二节 土石坝的构造        | 99  |
| 第三节 土石坝的剖面        | 109 |
| 第四节 土石坝的渗透变形及防治措施 | 113 |

|             |                         |            |
|-------------|-------------------------|------------|
| 第五节         | 土石坝的地基处理·····           | 114        |
| 第六节         | 土石坝与坝基、岸坡及其他建筑物的连接····· | 121        |
| 第七节         | 混凝土面板堆石坝·····           | 124        |
| <b>第七章</b>  | <b>河岸溢洪道·····</b>       | <b>134</b> |
| 第一节         | 概述·····                 | 134        |
| 第二节         | 正槽溢洪道·····              | 136        |
| 第三节         | 侧槽溢洪道·····              | 143        |
| <b>第八章</b>  | <b>水工隧洞·····</b>        | <b>145</b> |
| 第一节         | 水工隧洞概述·····             | 145        |
| 第二节         | 水工隧洞构造·····             | 146        |
| <b>第九章</b>  | <b>水闸·····</b>          | <b>159</b> |
| 第一节         | 概述·····                 | 159        |
| 第二节         | 闸室的布置和构造·····           | 162        |
| 第三节         | 水闸的消能防冲·····            | 174        |
| 第四节         | 水闸的防渗排水·····            | 180        |
| 第五节         | 闸门与启闭机·····             | 186        |
| 第六节         | 水闸的两岸连接建筑物·····         | 191        |
| <b>第十章</b>  | <b>橡胶坝·····</b>         | <b>197</b> |
| 第一节         | 概述·····                 | 197        |
| 第二节         | 橡胶坝构造·····              | 199        |
| <b>第十一章</b> | <b>过坝建筑物·····</b>       | <b>206</b> |
| 第一节         | 船闸·····                 | 206        |
| 第二节         | 升船机·····                | 214        |
| <b>第十二章</b> | <b>渠系建筑物·····</b>       | <b>218</b> |
| 第一节         | 渠道·····                 | 218        |
| 第二节         | 渡槽·····                 | 221        |
| 第三节         | 倒虹吸管·····               | 236        |
| 第四节         | 桥梁·····                 | 244        |
| 第五节         | 涵洞·····                 | 250        |
| 第六节         | 跌水与陡坡·····              | 254        |
| <b>第十三章</b> | <b>大坝安全管理·····</b>      | <b>260</b> |
| 第一节         | 概述·····                 | 260        |
| 第二节         | 大坝安全监测·····             | 262        |
| 第三节         | 混凝土坝的管理·····            | 264        |
| 第四节         | 土石坝的管理·····             | 270        |
| <b>参考文献</b> | <b>·····</b>            | <b>279</b> |

# 第一章 水资源与水利工程

## 第一节 水资源与水分循环

### 一、水资源与水环境

水是大自然的重要组成物质，是生命的源泉，也是生态环境系统中最活跃和影响最广泛的因素，是国民经济中工、农、林、牧、副业等生产不可替代的重要资源。在世界人口不断增长、城市建设规模不断扩大和工农业生产迅速发展以及人民生活需求不断提高的形势下，各国都把水当作一种宝贵的资源去开发、研究、利用和保护。

水资源是指自然界水循环过程中，大气降水落到地面后形成径流，流入江河、湖泊、沼泽和水库中的地表水以及渗入地下的地下水。水资源在国民经济建设的各行各业中占有重要地位，没有水各项建设事业就没有发展前景。水既是生活资料，又是生产资料，工业生产、农业生产和生活供水都要消耗大量的水。因为水是推动人类进步和社会发展不可替代的资源，所以水资源的合理利用和科学管理，对人类生存和社会的发展至关重要。

天然水体中蕴藏有大量水能，采用工程措施可将天然水能转化为电能为人类服务。根据世界能源会议的资料，全世界水力资源理论蕴藏量为 50.5 亿 kW，可供开发利用的达 22.61 亿 kW。我国水能资源很丰富，理论蕴藏量为 6.76 亿 kW，可以开发利用的达 3.78 亿 kW，居世界首位。水能具有可再生、清洁和价廉等优点，因而被世界各国广泛利用。据 1999 年的统计资料，一些发达国家水能资源可开发程度已超过 60%，而我国只达到 19.3%，因此我国水能资源开发利用潜力巨大。

水既是重要资源又是环境要素，良好的水环境是维持生态平衡的基础条件。无论是自然因素还是人为影响，使水环境退化或恶化，都将引发生态破坏问题，如河湖萎缩、水体污染、地下水衰竭、水土流失、海水入侵以及生物物种减少等。实践证明，人类在对自然进行开发利用的同时，要重视水环境保护，学会与自然和谐相处，不然人类就要受到自然环境的惩罚而付出代价。

### 二、地球上的水

地球上海洋水量为 13.38 亿  $\text{km}^3$ ，占地球总储水量的 96.5%。陆地水量仅为 0.48 亿  $\text{km}^3$ ，占地球总储水量的 3.5%，且大部分在北半球。

在陆地有限的水体中，淡水量只有 0.35 亿  $\text{km}^3$ ，占陆地水储量的 73%。其中大部分分布于冰川、多年积雪、南北两极和多年冻土中，真正便于人类利用的水只是其中一小部分，主要分布在湖泊、河流、土壤中以及 600m 深度以内的含水层，见表 1-1。

由此可见，地球上的淡水资源数量极为有限，需要人类珍惜，任何无节制的开发、利用都可能造成对我们生存环境的破坏。

表 1-1

地球上的水体分布

| 项 目   | 水量<br>( $\times 10^6 \text{ km}^3$ ) | 占总水量百分比<br>(%) | 淡水量<br>( $\times 10^6 \text{ km}^3$ ) | 占总淡水量百分比<br>(%) |
|-------|--------------------------------------|----------------|---------------------------------------|-----------------|
| 总水量   | 1385.98461                           | 100            | 35.02921                              | 100             |
| 海洋水   | 1338                                 | 96.5           |                                       |                 |
| 地下水   | 23.4                                 | 1.7            | 10.53                                 | 30.06           |
| 土壤水   | 0.0165                               | 0.001          | 0.0165                                | 0.05            |
| 冰雪总量  | 24.0641                              | 1.74           | 24.0641                               | 68.7            |
| 冻土地下水 | 0.3                                  | 0.022          | 0.3                                   | 0.86            |
| 其中    | 地表水                                  | 0.18999        | 0.10459                               | 0.3             |
|       | 湖泊                                   | 0.1764         | 0.091                                 | 0.26            |
|       | 沼泽                                   | 0.01147        | 0.01147                               | 0.03            |
|       | 河川                                   | 0.00212        | 0.00212                               | 0.006           |
| 大气中水  | 0.0129                               | 0.001          | 0.0129                                | 0.04            |
| 生物内水  | 0.00112                              | 0.0001         | 0.00112                               | 0.003           |

### 三、水的循环

气态水以雨、雪、雹、露等形式降至陆地或海洋的现象，称为降水；江、河、湖、海及地表以下的水因太阳的热力作用而成气态水升入天空的现象，称为蒸发；地表水浸入土壤或岩层的现象，称为入渗；沿河川流动的水流，称为河川径流。降水、蒸发、径流、入渗等水文现象与市政工程、交通工程、环境工程、水利工程的建设以及人类的生存等关系密切。

地球表面的各种水体，在太阳的辐射作用下，从海洋和陆地表面蒸发上升到空中，并随空气流动，在一定的条件下，冷却凝结形成降水又回到地面，降水的一部分经地面、地下形成径流并通过江河流回海洋；一部分又重新蒸发到空中，继续重复上述过程。这种水分不断交替转移的现象称为水分循环，简称水循环，如图 1-1 所示。

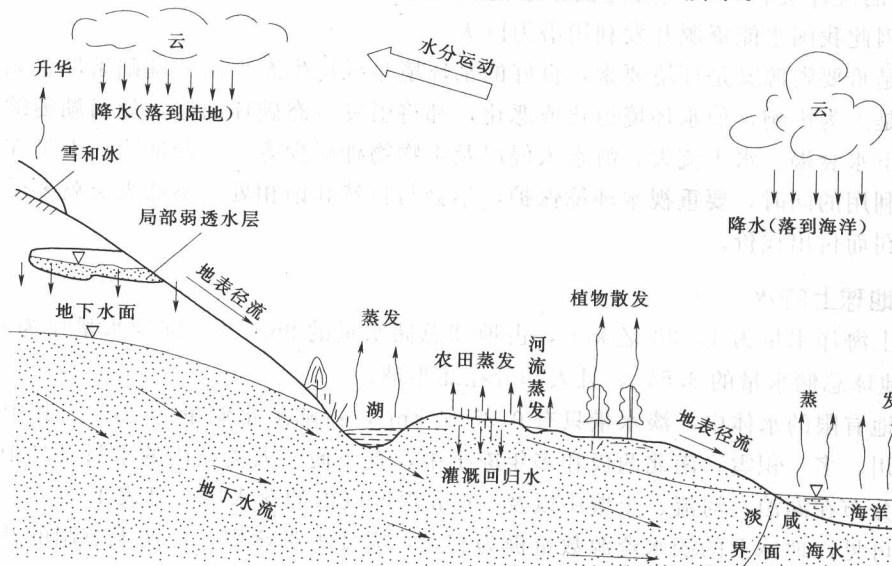


图 1-1 地球上水循环示意图

水分循环是地球上最重要、最活跃的物质循环之一,它对地球环境的形成、演化和人类生存都有着重大的作用和影响。正是由于水分循环,才使得人类生产和生活中不可缺少的水资源具有可恢复性,使其有别于石油或天然气等不可再生的资源。地球上不会出现水源枯竭,而主要问题是水资源在时间和空间上的分配极不均匀,因此世界上不少地区已经出现水源不足和用水紧张的局面。

#### 四、我国水循环的路径

我国位于欧亚大陆的东部,太平洋的西岸,地处西伯利亚干冷气团和太平洋暖湿气团进退交锋地区。因此,水汽主要来自太平洋,由东南季风和热带风暴将大量水汽吹向内陆形成降水,雨量自东南沿海向西北内陆递减,而相应的大多数河流则自西向东流入太平洋,如长江、黄河、珠江等。其次是印度洋水汽随西南季风进入我国西南、中南、华北以至河套地区,成为夏秋季降水的主要源泉之一,径流的一部分自西南一些河流注入印度洋,如雅鲁藏布江、怒江等,另一部分流入太平洋。大西洋的少量水汽随盛行的西风环流东移,也能参加我国内陆腹地的水循环。北冰洋水汽借强盛的北风经西伯利亚和蒙古进入我国西北,风力大而稳定时,可越过两湖盆地直至珠江三角洲,但水汽含量少,引起的降水并不多,小部分经由额尔齐斯河注入北冰洋,大部分汇入太平洋。鄂霍茨克海和日本海的水汽随东北季风进入我国,对东北地区春夏季降水起着相当大的作用,其径流注入太平洋。

我国河流与海洋相通的外流区域占全国总面积的 64%,河水不注入海洋而消失于内陆沙漠、沼泽和汇入内陆湖泊的内流区域占 36%。我国最大的内陆河是新疆的塔里木河。

#### 五、我国水资源的特点

我国多年年平均水资源总量为 28124.4 亿  $\text{m}^3$ ,其中河川多年平均年径流量 27115.3 亿  $\text{m}^3$ ,居世界第六位。由于我国人口众多,按人口平均计算,水资源并不丰富,人均年占有水量为 2164 $\text{m}^3$ ,仅相当于世界人均占有水量的 1/5,因此,我国是一个水资源贫乏的国家。

我国地域辽阔,由于南北纬度的差异,东西距海远近的悬殊,加之地形变化复杂,全国降水量的地区分布极不均匀,总的趋势是由东南向西北递减。秦岭、淮河以南年降水量一般在 800mm 以上,属于湿润和十分湿润地区,其中台湾东北部最大年降水量达 6569mm,是我国降水量最多的地区。秦岭、淮河以北年降水量一般小于 800mm,属于干旱和半干旱地区,其中新疆南部塔里木盆地和青海西部柴达木盆地年降水量不足 25mm,是我国降水量最少的地区。

我国由于受季风气候的影响,降水的年际变化很大,年内分配也很不均匀,且降水越少的地区,年际和年内的变化也越大。我国南部地区最大年降水量一般是最小年降水量的 2~4 倍,北部地区一般是 3~6 倍,且常有连续丰水年和连续枯水年出现。我国多数地区的雨季为 4 个月,南部在 3~6 月或 4~7 月,4 个月的降水量占年降水量的 50%~60%;北部雨季多为 6~9 月,4 个月的降水量占年降水量的 70%~80%。我国最大与最小月降水量的比值一般达十几倍或几十倍。

降水是我国河川径流最主要的补给来源。所以,我国河川径流量的时空分布和降水量

的时空分布有着基本一致的规律和特点,河川径流的年际和年内变化与降水量的年际和年内变化有着十分密切的相应关系。降水量多的湿润地区,一般也是河川径流量充沛的丰水地区,降水量少的干旱地区往往也是河川径流量贫乏的缺水地区。南部地区最大年径流量一般为最小年径流量的2~4倍,北部地区一般为3~8倍。多数地区连续最大4个月的径流量一般占全年径流量的60%~80%。

我国降水和水资源的地区分布与我国人口和耕地的分布很不相应,形成南部水资源有余,北部水资源不足的不利局面,影响和制约着农业的布局和发展。长江及其以南各河流域,年径流量占全国径流总量的82%,但耕地面积只占全国总耕地面积的38%;而黄河、淮河、海河三大流域,年径流量只占全国径流总量的6.6%,但耕地面积却占全国总耕地面积的40%。我国华北和东北南部地区水资源紧缺,供不应求的矛盾日益突出。广大西北地区水资源贫乏,在经济有了较大发展后,水资源成为制约经济发展的重要因素。

我国降水量和水资源量年际变化悬殊和年内高度集中的特点,不仅给水资源的开发利用带来了困难,也是造成我国水旱灾害频繁发生的根本原因。据史料记载,公元前206年(西汉初)~1949年的2155年间,我国共发生过较大的水灾1029次,较大的旱灾1056次,几乎年年有灾。清光绪三年到五年(1877~1879年),晋、冀、鲁、豫地区连续三年大旱,仅饥饿而死者达1300万人。1928年的特大旱灾,影响到华北、西北和西南地区的13个省535个县,灾民约1.2亿人。在新中国成立后的60年中,每年水旱灾害受灾面积4亿多亩,占耕地面积的近30%。受灾面积超过4亿亩的严重旱灾平均每4年发生一次。对农业生产影响最大的连续干旱,如1959~1961年的连续3年干旱,每年受旱面积都在5亿亩以上。

我国每年水灾面积1亿多亩,主要发生在东部大江大河的中下游地区,其中以黄淮海地区和长江中下游地区最为严重,受灾面积约占全国的3/4以上。1931年夏季,长江流域普降暴雨,水灾遍及湘、鄂、浙、赣、豫、皖、苏7省206个县,淹没农田5000余万亩,灾民800多万人,其中被洪水夺去生命的约14.5万人,死于饥饿、瘟疫者不计其数。1998年我国长江中下游地区发生特大洪水,直接经济损失2000多亿元。

由于我国的水资源并不丰富,因此,无论是发展农业、工业,还是进行城市规划,都应首先考虑水资源的现状和开发的可能性,不能不顾水资源条件而盲目发展。对水资源的开发,一定要统一规划、综合治理、综合利用、综合经营,为整个国民经济的发展服务。对发电、防洪、灌溉、水运、给水等方面要统筹规划,全面安排,按照各部门的需要,制定最优开发方案,尽量减少它们之间的矛盾,最大限度地照顾各方要求,使水资源得到最有效的利用,使国民经济的总效益最大化。

## 第二节 水 利 工 程

### 一、水利工程的类型

水资源的开发利用应首先考虑水资源的现状和开发的可能性,做到统筹兼顾、综合治理、综合经营,为整个国民经济的发展服务。发电、灌溉、航运、供水、工业生产等用水部门,要制定合理方案,尽量减少各方矛盾,使水资源得到最有效的利用。

要对水资源进行开发利用必须建设水利工程。水利工程是指对自然界的地表水和地下水进行控制和调配,以达到除害兴利的目的而修建的工程。在时间上重新分配水资源,做到蓄洪补枯,以防止洪涝灾害和发展灌溉、发电、供水、航运等事业。

### 1. 河道整治与防洪工程

河道整治主要是通过整治建筑物和其他措施,防止河道冲蚀、改道和淤积,使河流的外形和演变过程都能满足防洪与兴利等各方面的要求。一般防治洪水的措施是建设“上拦下排,两岸分滞”的工程体系。

“上拦”就是在河流上兴建水库。水库,作为一种蓄水工程,在汛期可以拦蓄洪水,削减洪峰,保护下游地区安全,拦蓄的水流还可以用来满足灌溉、发电、航运、供水和淡水养殖的需要。

水库的形成使库区内造成淹没,村镇、居民、工厂及交通等设施需要迁移重建;水库水位的升降可能引起岸坡大范围滑坡,造成库容减少甚至影响拦河坝的安全;在地震多发区,还可能诱发地震。

水库改变了河道的径流,下游河道流量发生了变化。在枯水期,下泻的水流对航运、河道水质改善、维持生态平衡等方面均有利。如不放水,将使河道干涸,两岸地下水位降低,影响生态。

某些水库上游河道的入库处,由于流速降低,容易发生淤积,使河水下泄不畅,水库上游河道容易发生泛滥。

因此,应认真研究和合理解决这些问题,充分利用有利条件,使水库发挥最大效益。

“下排”就是疏浚河道,修筑堤防,提高河道泄洪能力,减轻洪水威胁。这是治标的办法,不能从根本上防治洪水。但是,在“上拦”工程没有完全控制洪水之前,筑堤防洪仍是一种重要有效的措施,而且要加强汛期河道的防护与管理工作,确保安全。

“两岸分滞”是在河道两岸适当位置,修建分洪闸、引洪道、滞洪区等,将超过河道安全泄量的洪峰流量,通过泄洪建筑物分流到该河道下游或其他水系,或者蓄于低洼地区(滞洪区),以保证河道两岸保护区的安全。滞洪区的规划与兴建应根据实际经济发展情况、人口因素、地理情况和国家的需要,由国家统筹安排。为了减少滞洪区的损失,必须做好通信、交通和安全措施等工作,并作好水文预报,只有万不得已时才运用分洪措施。

### 2. 农田水利工程

农业是国民经济的基础,通过建闸修渠等工程措施,形成良好的灌、排系统来调节和改变农田水分状态和地区水利条件,使之符合农业生产发展的需要。农田水利工程一般包括以下几种。

(1) 取水工程。从河流、湖泊、水库、地下水等水源适时适量地引取水量,用于农田灌溉的工程称之为取水工程。在河流中引水灌溉时,取水工程一般包括抬高水位的拦河坝(闸)、控制引水的进水闸、排沙用的冲沙闸和沉沙池等。当河流流量较大、水位较高,能满足引水灌溉要求时,可以不修建拦河坝(闸)。当河流水位较低又不宜修建坝(闸)时,可建提灌站,提水灌溉。

(2) 输水配水工程。将一定流量的水流输送并配置到田间的建筑物统称为输水配水工程。如各级固定渠道系统及渠道上的涵洞、渡槽、分水闸等建筑工程。

(3) 排水工程。各级排水沟及沟道上的建筑物统称排水工程。其作用是将农田内多余水分排泄到一定范围以外,使农田水分保持适宜状态,满足植物根系水、肥、温、通气的需要,以适应农作物的正常生长,如排水沟、排水闸等。

### 3. 水力发电工程

将水能通过水轮机转换为机械能,再通过发电机将机械能转换为电能的工程称为水力发电工程,又称水电站。

水头和流量是水力发电的两个基本要素。为了有效地利用天然河道的水能,常采用工程措施,修建能集中落差和流量的水工建筑物,使水流符合水力发电的要求。在山区常用的水能开发方式是拦河筑坝,形成水库,它既可以调节径流又可以集中落差。在坡度很陡或有瀑布、急滩、弯道的河段,而上游又不允许淹没时,可以沿河岸修建引水建筑物(渠道、隧洞),以便集中落差和流量,修建水电站开发水能。

### 4. 给水和排水工程

给水是将水从天然水源中取出,经过净化、加压,用管网供给城市、工矿企业等用水部门;排水是排除工矿企业及城市废水、污水和地面雨水。城市供水对水质、水量及供水可靠性要求很高;排水必须符合国家规定的污水排放标准。

我国水源不足,现有供水、排水能力与科技和生产发展以及人民物质文化生活水平的不断提高不相适应,特别是城市供水与排水的要求越来越高;水质污染问题不仅加剧了水资源的供需矛盾,而且污染环境,影响生态。

### 5. 水运工程

水运包括船运与筏运(也称木、竹浮运)。发展航运对物质交流、繁荣市场、促进经济和文化发展是很重要的。它运费低廉,运输量大。内河航运通道有天然水道(河流、湖泊等)和人工水道(运河、河网、水库、梯级船闸等)两种。

利用天然河道通航,必须进行疏浚、河床整治、改善河流的弯曲情况、设立航道标志,以建立稳定的航道。当河道通航深度不足时,可以通过拦河建闸、坝的措施抬高河道水位;或利用水库进行径流调节,改善水库下游的通航条件。人工水道开发,是人们为了改善航运条件开挖的人工运河、河网、渠化河流及相应的建筑物,以便缩短航程,有效利用自然资源。

水运航道上如建有闸、坝等拦水建筑物时,应同时修建通航建筑物。如果船舶不多、货运量不大,可以设中转码头;如果航线较为重要,运输任务较大,则宜采用升船机、船闸、过木道等建筑物,使船只、木排直接通过。例如,在三峡和葛洲坝水利枢纽中布置船闸来满足长江的通航需要。

## 二、我国古代水利事业发展概况

我国从大禹治水开始,治水的历史已有几千年。几千年来,我国的水利建设绵延不断,在防洪治河、农田水利和航运方面都取得了突出的成就。古代劳动人民修建了郑国渠、都江堰、灵渠、京杭大运河等大批水利工程,在历史上对经济社会发展起过重要作用,有些工程至今仍发挥着效益,体现了中华民族的勤劳和智慧。

### 1. 防洪治河

我国黄河中下游是世界四大文明中心之一,是华夏文明的发源地,但由于流域内水土

流失严重,黄河成为灾害频繁的河流,以“善淤、善决、善徙”著称。从春秋时期开始,在黄河下游沿岸修建的堤防,经历代整修加固,已形成 1800 多 km 的黄河大堤,为我国的治河防洪、堤防工程的建设与管理提供了丰富的经验。

在江浙一带经常遭受海潮侵袭,早在公元前 334 年的晋朝就开始修筑海塘,保护了滨海的广大农田。经过历代的完善和扩大,到 11 世纪已初见规模。多数海塘用巨石砌成,绵延数百里。明代时期不仅用来防潮,而且利用它抵御外患。

## 2. 灌溉

我国在春秋战国时期,就有了较为完善的灌溉系统。公元前 597 年修建的芍陂,是我国史书记载的最早的蓄水灌溉工程。秦代在川陕一带修建的都江堰、郑国渠等灌溉工程,对于促进当地农业的发展,发挥了重要的作用。如都江堰,在公元前 256 年,是李冰为蜀太守时兴建的。工程完成后,使成都平原有水利而无水害,获得“天府之国”的美誉。都江堰工程已有 2260 多年的历史,经过历代的改建、维修、管理运用,至今依然为我国的农业发展发挥着巨大的效益。目前灌溉面积达 1000 多万亩。秦渠、汉渠、汉延渠及唐徕渠等灌溉工程,在当时促进了宁夏、内蒙古平原一带灌溉的发展,使宁夏、银川一带成为“塞外江南”,内蒙古河套一带有“黄河百害,唯富一套”之说。

## 3. 航运

我国是世界上最早开凿运河的国家。如灵渠,位于广西兴安县,又称兴安运河。秦始皇为了开发岭南,统一中国,解决运输军粮等问题,派史禄负责开凿灵渠,动员了几万民工,历时约 5 年,于公元前 215 年建成。运河建成后,连接了湘江和漓江,沟通了长江和珠江两大水系,畅通了长江沿岸地区与珠江两广地区的物资和文化交流。南北大运河的修建,早在战国时期吴国开始修建邗沟,即从现在江苏省邗江县瓜洲附近引长江水北上到淮安入淮河,沟通了江淮两大水系。以后又修建了鸿沟、白沟、平虏渠等,进而将长江、淮河、黄河和海河等水系都联系起来。但是它们是在不同的目的要求下开凿的,整个水系没有统一考虑,规模大小不一,造成航运困难,已经满足不了隋朝统一全国后新的政治经济的要求。605~610 年,在旧有水系的基础上,先后修通了通济渠、山阳渚、永济渠及江南运河,终于开通了一条南达余杭、北抵涿郡,全长 2400km 的水运通道,这就是隋代的大运河。元代建都北京后,于 1289~1292 年修建通惠河和会通河,构成了京杭大运河。京杭大运河全长 1794km,是世界上最长的运河。大运河经过以后历代的修建和改善,船只可以从杭州到通州,为当时及今后的南北交通、发展航运等发挥了重要作用。

## 三、新中国的水利建设成就

新中国成立 60 年来,党和政府对水利高度重视,治水方略不断完善。毛泽东同志早在 1934 年就作出了“水利是农业的命脉”的论断,新中国成立后对江河治理作出许多重大决策,“要把黄河的事情办好”、“一定要把淮河修好”、“一定要根治海河”的号召,极大地鼓舞了全国人民的治水热情。经过 60 余年的艰苦奋斗,我国的水利事业取得了举世瞩目的巨大成就,成为我国历史上水利建设规模最大、效益最显著、成果最辉煌的时期。

### 1. 防洪体系有效减轻了洪水的灾害,保障了人民的生命财产安全

新中国成立后,按照“蓄泄兼筹”和“除害与兴利相结合”的方针,对大江大河进行了大规模的治理。到1998年底,全国累计修建、加固各类堤防25万多km、防潮堤2900km,建成大中小型水库8.6万多座,全国主要江河初步形成了以堤防、河道整治、水库、蓄滞洪区等为主的工程防洪体系,以及预测预报、防汛调度、洪泛区管理、抢险救灾等非工程防护体系,使我国主要江河的防洪能力有了明显的提高。60年来,水利建设取得的成效在抵御历年发生的洪水中发挥了重要作用,大大减轻了灾害损失。

### 2. 农田水利事业的发展,有效地改善了农业生产条件

新中国成立60年来,我国共兴建万亩以上灌区5579个,总面积3.37亿亩。全国有效灌溉面积由新中国成立初的2.4亿亩,增加到目前的8亿亩。节水灌溉从无到有,目前节水灌溉面积已达2.28亿亩。农田水利事业的发展,不仅提高了农业抗御水旱灾害的能力,促进了农业生产发展,还为林、牧、副、渔业的发展,为改善农村生活条件和生态环境,繁荣农村经济等方面起到了重要作用。

### 3. 供水事业有效地保障了城乡社会经济的发展和人民生活水平的提高

新中国成立60年来,我国兴建了大量的蓄水、引水、提水工程,形成了比较完善的供水保障体系。为了满足城市迅速发展对水的需求,我国修建了许多远距离城市供水工程,如引滦入津、引滦入唐、引碧入连、引黄济青、西安黑河引水工程等,有效地解决了城市各行各业及人民生活对水的需求。

### 4. 水土保持有效地改善了生产条件和生态环境

中华人民共和国成立60年来,全国累计治理水土流失面积78万 $\text{km}^2$ 。其中,修梯田、建坝地、治沙造田约1.78亿亩,栽植水土保持林、经济林和果林6亿亩,种草保土面积6000多万亩。兴建的水土保持设施每年可增加蓄水能力250亿 $\text{km}^3$ ,拦蓄泥沙15亿t。经过初步治理的地区,有效地保护了生态资源,减轻了对河道和水库的淤积,促进了当地经济的发展。采取的小流域为单元,山、水、田、林、路统一规划、综合治理措施,走出了一条开发性治理的路子,加快了治理步伐,改善了水土流失区的生产、生活条件,经济得到了较快的发展。

### 5. 水力发电已成为我国日益重要的能源供应

我国水能资源丰富,理论蕴藏量为6.76亿kW,可开发资源为3.78亿kW,均占世界第一位。经过60多年的开发建设,一大批举世闻名的水利工程已经建成或正在建设。到1998年底,全国已建水电站装机容量6320万kW,年发电量2080亿 $\text{kW}\cdot\text{h}$ ,在建规模约4600万kW。

## 四、未来水利展望

60多年来,尽管我国的水利建设已经取得了很大成就,但是由于我国特定的自然地理条件和社会经济条件,决定了水利建设的重要性、长期性、艰巨性和复杂性。随着经济社会发展对水利的要求越来越高,江河治理和水资源开发利用的难度越来越大,我们国家乃至全世界仍面临着严峻的水问题。

### 1. 总体防洪能力偏低,洪涝灾害损失严重

大江大河综合防洪体系还不完善,蓄滞洪区建设严重滞后,部分大江大河重要支流防

洪能力偏低,主要易涝地区排涝能力严重不足,对山洪灾害缺乏有效的监测和防御措施,洪水防控尚待加强。汛期山丘区、沿海风暴潮地区人员伤亡多。每到汛期,大部分地区都有防洪任务,相当一部分人口和财产集中地区、工农业生产基地受到洪水的威胁。根据统计分析,“十五”期间,全国年均洪涝灾害损失约 1000 亿元,约占同期全国 GDP 的 0.71%,发生流域性大洪水的年份,洪涝灾害损失占同期全国 GDP 比例超过 1%。

#### 2. 水资源短缺加剧,供需矛盾突出

我国水资源总量不足且时空分布极不均衡,北方大部分地区存在资源型缺水问题。按目前的正常供水需求,全国每年缺水约 300 亿~400 亿  $\text{m}^3$ ;部分城市供水水源单一,供水水源保证率不高,干旱年份缺水严重;还有 3 亿多农村人口存在饮用水水质不合格或水量不足、取水不便等问题;农田受旱面积年均达 3 亿亩左右。部分流域和地区水资源开发利用程度已接近或超过水资源和水环境承载能力,靠大量挤占生态和环境用水维持经济社会发展用水需求;水资源相对丰沛的南方地区也出现了区域性甚至流域性缺水的现象。在缺水的同时,用水浪费、效率低的状况还十分普遍。

#### 3. 水污染严重,全国水环境状况依然严峻

北方地区河流水体污染严重,在部分流域和地区,水污染已呈现出从支流向干流延伸、从城市向农村蔓延、从地表向地下渗透、从陆域向海域发展的趋势。全国以城市和农村井灌区为中心形成的地下水超采区数量已从 20 世纪 80 年代初的 56 个发展到目前的 164 个,超采区面积从 8.7 万  $\text{km}^2$  扩大到 18 万  $\text{km}^2$ ,已引起地面下沉、矿化度增高、海水倒灌等严重生态问题。

#### 4. 水土流失和生态恶化趋势,尚未得到有效遏制

目前全国水土流失面积为 356 万  $\text{km}^2$ ,占国土面积的 37%,每年流失的土壤总量达 50 亿 t,人为水土流失加剧的趋势尚未得到有效遏制。严重的水土流失,导致土地贫瘠、生态恶化、河湖淤积,加剧了江河下游地区的洪涝灾害,防洪、供水、发电、航运等能力下降。一些地区水资源开发不合理,造成河流断流,湖泊干涸,湿地萎缩,绿洲消失,地下水位下降,对生态环境造成一系列严重影响。

#### 5. 现有水利基础设施老化失修,存在严重安全隐患

目前全国病险水库约有 3 万多座,占水库总数的近 40%;一些河流堤防标准低、质量差,存在严重的防洪隐患。农田水利设施仍很不完善,402 处大型灌区的骨干建筑物损坏率近 40%,1505 处重点中型灌区干、支渠道及其建筑物损坏率分别为 51%和 50%;大型排灌泵站老化破损率达 75%左右。一些水利工程存在“重建设、轻管理”、“重工程、轻移民”、“重规模、轻效益”、“重骨干、轻配套”、“重经济、轻生态”等问题,以及水管体制不顺、机制不活、维护管理费不足等现象,严重影响了水利基础设施的安全维护和良性运行。

#### 6. 水资源可持续利用的体制和机制尚不完善

权威、协调、高效的水资源管理体制尚未完全形成,规划、政策、制度等社会管理事务仍待加强;经济社会发展布局与水资源分布不相匹配,一些水资源短缺的流域,上游过度开发,严重影响了下游的生产生活用水和生态环境。洪水管理工程体系和制度还不健全,防洪减灾社会化保障体系亟待完善,一些地区经济活动侵占河道和妨碍河道行洪的现

象还时有发生；一些城乡建设和产业布局，尚未建立规避洪水风险的机制，造成洪水损失较大。水库移民政策法规的落实工作尚待加强，移民管理体制尚待理顺，水库移民中存在的一些遗留问题需要妥善解决。

#### 7. 水利工程建设投入需进一步加强

水利投入缺乏多层次的稳定增长机制。近年来，南水北调工程、治淮工程、塔里木河流域综合治理等一些已经开工并以中央投资为主的工程，存在很大的资金缺口；地方水利投入也严重不足，部分已经开工的工程由于资金缺口问题，难以按照合理工期施工。由于水利工程移民占地补偿资金增加、工程建设造价提高等因素，水利工程建设成本提高，造成水利建设资金缺口进一步加大。

做好 21 世纪的中国水利，解决中国日益严重的水问题，尤其是解决干旱缺水和水生态环境恶化问题，实现江河安澜，国泰民安，水资源供需平衡，必须把水资源与国民经济和社会发展紧密联系起来，进行综合开发，科学管理，做好水资源的开发、利用、治理、配置、节约、保护六个方面的工作。21 世纪是充满生机和希望的世纪。中国的水利人将进一步弘扬伟大的抗洪精神，献身、负责、求实，努力拼搏，开拓进取，为中国水利谱写新的辉煌。

## 第二章 洪 灾 及 其 控 制

### 第一节 河 流 基 本 知 识

沿地表线形凹槽集中的经常性或周期性水流，称为河流。较大的叫河或江，较小的叫溪。虽然在地球上的各种水体中，河流的水面面积和水量都很小，但它是水分循环的一个重要组成部分，对气候和植被等都有重要的影响，与人类的生存关系却最为密切，是人类赖以生存的一种重要自然资源，在人类工农业生产活动和生活等方面发挥着巨大的作用。同时，河流管理不善也会给人类带来洪涝灾害，所以，河流也是修建水利工程的主要场所。

#### 一、干流、支流和水系

降水经过地面和地下向河流补给水源，由于重力作用，上游水流不断切割和冲蚀河床，使河床逐渐扩大加深。这样，使最初的小沟变成小溪、小河，最后汇集成为大江大河。

直接流入海洋、湖泊的江河称为干流。直接或间接流入干流的河流称为支流，在较大水系中，按水量和从属关系，可分为一级、二级、三级等。直接流入干流的河流，称为一级支流，流入一级支流的河流，称为二级支流，依次类推。

由大小不同的江河干流、支流、湖泊、沼泽和地下暗流等组成的脉络相通的水网系统称为水系，也叫河系或河网。水系一般以它的干流或以注入的湖泊、海洋名称命名，如长江水系、太湖水系、太平洋水系等。

#### 二、河流的分段

河流可按其地貌特征及水力特性进行分段，一条发育完整的河流可分为河源、上游、中游、下游及河口等 5 个河段。

(1) 河源。河流开始具有地面水流的地方。泉水、溪涧、沼泽和冰川通常是河流的源头。

(2) 上游。直接连接河源的河流上段。其特点是河谷窄、坡度大、水流急、下切强烈，常有瀑布、急滩。河谷断面多呈 V 字形，河床多为基岩或砾石。

(3) 中游。上游以下的河流中段。其特征是河流的比降较缓，下切力不大而侧蚀显著、流量较大、水位变幅较小，河谷断面多呈 U 字形，河床多为粗砂。

(4) 下游。中游以下的河段。其特征是比降小、流速慢、水流无侵蚀力、淤积显著、流量大、水位变幅小、河谷宽广，河床多为细砂或淤泥。

(5) 河口。河流的出水口。它是一条河流的终点，也是河流流入海洋、湖泊或其他河流的入口。其特点是流速骤减、断面开阔、泥沙大量淤积，往往形成沙洲。因沉积的沙洲平面呈扇形，常称为河口三角洲。

流入海洋的河流，称为入海河流。我国内陆地区许多河流由于沿途渗漏或蒸发损失，