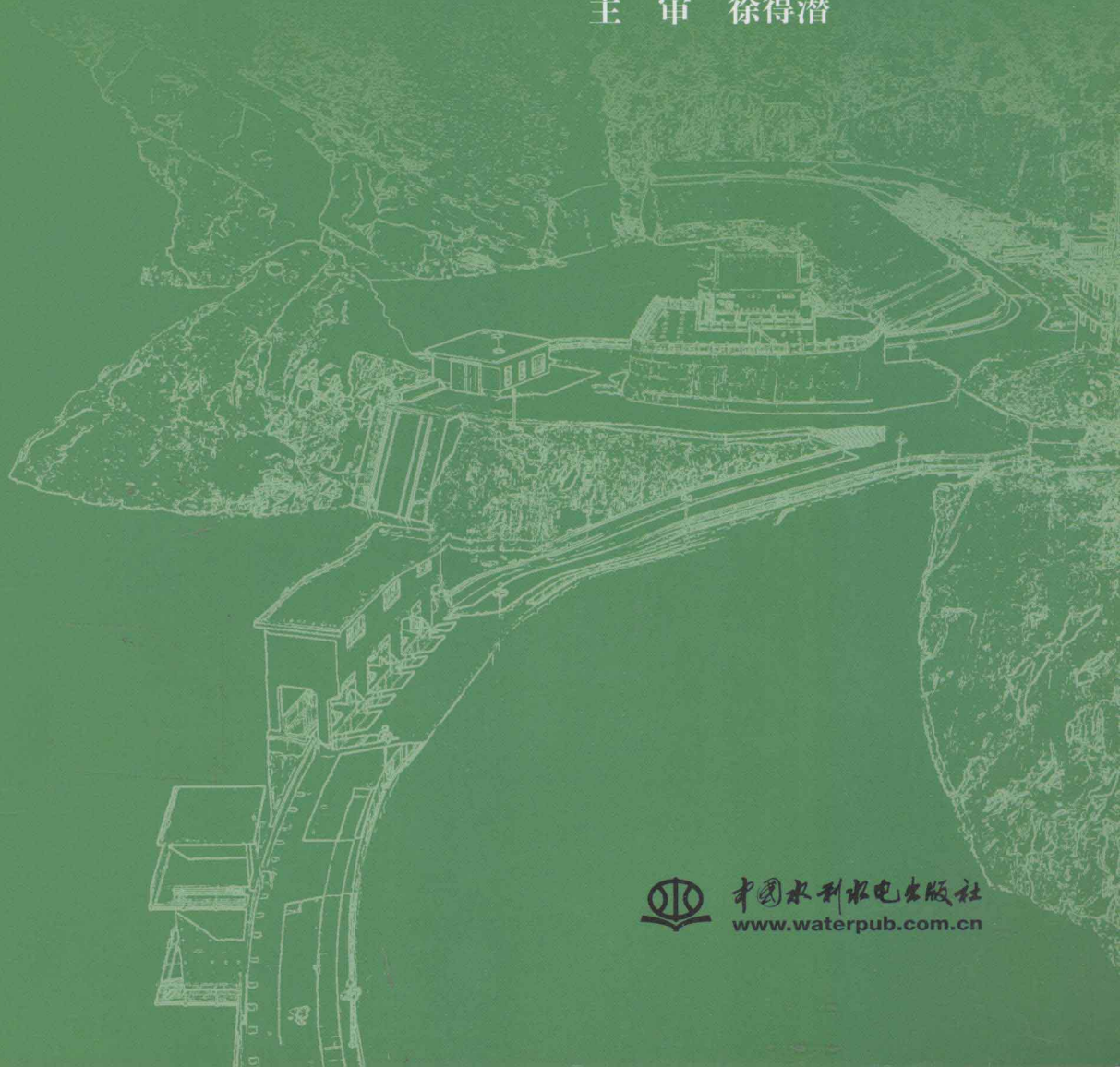




普通高等教育“十二五”规划教材

# 水利水电工程导论

主 编 魏 松 王 慧  
副主编 王俊杰 陈 艳  
主 审 徐得潜



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

# 水利水电工程导论

主 编 魏 松 王 慧  
副主编 王俊杰 陈 艳  
主 审 徐得潜



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

## 内 容 提 要

本书为普通高等教育“十二五”精品规划教材。全书共分10章，内容包括：绪论，水利水电工程专业教育基本知识，水库、水利枢纽及水工建筑物，挡水泄水建筑物，取水输水建筑物，水电站，灌溉排水及泵站工程，防洪治河工程，生态水利工程，水利水电工程勘测、设计、施工和管理。内容叙述浅显易懂，力求通过本书，形成水利水电工程专业基本概念，构建对水利水电工程专业的大局观，培养专业学习兴趣。书中配备了大量易于理解的工程图，可使学生更直观地掌握相关水利水电工程基本知识。

本书适用于大学本科，可作为水利水电工程专业导论课教材和专业认识实习预备知识教材，也可用于其他专业学生水利工程概论选修和水利行业管理人员的培训教材。

## 图书在版编目（C I P）数据

水利水电工程导论 / 魏松, 王慧主编. -- 北京 :  
中国水利水电出版社, 2012.1  
普通高等教育“十二五”规划教材  
ISBN 978-7-5084-9408-1

I. ①水… II. ①魏… ②王… III. ①水利水电工程—高等学校—教材 IV. ①TV

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第005606号

审图号：GS（2011）1600号

|      |                                                                                                                               |
|------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 书 名  | 普通高等教育“十二五”规划教材<br><b>水利水电工程导论</b>                                                                                            |
| 作 者  | 主编 魏松 王慧 副主编 王俊杰 陈艳<br>主审 徐得潜                                                                                                 |
| 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 (发行部) |
| 经 售  | 北京科水图书销售中心 (零售)<br>电话: (010) 88383994、63202643、68545874<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  | 北京纪元彩艺印刷有限公司                                                                                                                  |
| 规 格  | 184mm×260mm 16开本 9.5印张 225千字                                                                                                  |
| 版 次  | 2012年1月第1版 2012年1月第1次印刷                                                                                                       |
| 印 数  | 0001—3000册                                                                                                                    |
| 定 价  | <b>19.00元</b>                                                                                                                 |

凡购买我社图书，如有缺页、倒页、脱页的，本社发行部负责调换

版权所有·侵权必究

# 前言

随着我国社会经济飞速发展，高等教育也步入了一个快速发展期，人才培养模式也正从精英教育向大众教育过渡。《国家中长期教育改革和发展规划纲要（2010～2020年）》的出台，进一步明确了高等教育人才培养的目标，其中“坚持能力为重。优化知识结构，丰富社会实践，强化能力培养。着力提高学生的学习能力、实践能力、创新能力、……”被定为该纲要的战略主题之一。为此，各高校在专业教学计划的制定中，有针对性地增加对学生创新实践能力的培养，在课程安排上逐步增加实践教学环节的课时、减少课堂教学课时。本书正是在该形势下编写的，适用于水利水电工程专业导论和专业认识实习等课程。

水利水电工程，有其自身不同于其他工程的特点，具体表现有工程规模大、投资大、建设难度大、建设周期长、失事损失大等特点，故在人才培养中应有较适合该专业的个性化培养方式。对于水利水电工程专业导论课程而言，不仅要在有限的课时内（一般8～24课时）循序渐进地引导学生建立专业概念、诱发专业学习兴趣、培养专业精神，使其形成愿学、肯学的学习态度，更应构建对水利水电工程专业的大局观，从而形成立志服务水利的价值取向。基于以上思考，结合大一新生刚接触水利水电工程专业的教学环境，要求教材编写重图文介绍、轻专业知识，以建立水利水电工程基本概念，同时注意导论与水利专业课的区别，特别是对专业术语的解释力求通俗易懂。

在本书内容安排上，注重层次性，总体上按照由总到分的思路编写。如第一章介绍水资源和水利事业概况，第三章介绍水利枢纽和水工建筑物基本概念，第四～第八章分别介绍该专业涉及的不同类型水工建筑物、灌排及泵站工程、防洪治河工程。同时，教材第九章对生态水利工程也作了介绍。第十章简要介绍了水利工程的建设管理及施工。为了使大一新生对未来学习内容有所了解，第二章特别介绍了该专业教育基本知识。

全书由合肥工业大学魏松、王慧任主编，重庆交通大学王俊杰、山东科技大学陈艳任副主编，由魏松统稿。具体分工为：第二、第七、第九章由魏松编写，第一、第三、第十章由王慧编写，第四、第八章由王俊杰编写，第五、第六章由陈艳编写，魏松、王俊杰和陈艳也参与了其他章节的部分编写工作。全书由全国水利水电工程专业教学指导委员会委员合肥工业大学徐得潜教授主审。

由于编者水平有限，基本思想可能没有得到很好贯彻执行。同时，书中难免疏漏、表达错误之处，恳请同行专家和读者批评指正。

**编者**

2011年7月

# 目录

前言

|                    |    |
|--------------------|----|
| 第一章 绪论             | 1  |
| 第一节 水资源            | 1  |
| 第二节 水利事业           | 6  |
| 第三节 我国水利工程建设成就     | 9  |
| 第二章 水利水电工程专业教育基本知识 | 16 |
| 第一节 水利水电工程专业本科教育简介 | 16 |
| 第二节 通识教育课程简介       | 19 |
| 第三节 学科基础课程简介       | 22 |
| 第四节 专业课程简介         | 24 |
| 第三章 水库、水利枢纽及水工建筑物  | 26 |
| 第一节 水库             | 26 |
| 第二节 水利枢纽           | 27 |
| 第三节 水工建筑物          | 33 |
| 第四节 水利枢纽分等和水工建筑物分级 | 35 |
| 第四章 挡水泄水建筑物        | 37 |
| 第一节 重力坝            | 37 |
| 第二节 拱坝             | 39 |
| 第三节 土石坝            | 41 |
| 第四节 水闸             | 44 |
| 第五节 河岸溢洪道          | 47 |
| 第五章 取水输水建筑物        | 49 |
| 第一节 取水枢纽           | 49 |
| 第二节 水工隧洞           | 51 |
| 第三节 输水建筑物          | 54 |
| 第六章 水电站            | 59 |
| 第一节 概述             | 59 |

|             |                                |            |
|-------------|--------------------------------|------------|
| 第二节         | 水电站类型 .....                    | 63         |
| 第三节         | 水电站引水系统 .....                  | 66         |
| 第四节         | 水电站厂房 .....                    | 74         |
| <b>第七章</b>  | <b>灌溉排水及泵站工程 .....</b>         | <b>80</b>  |
| 第一节         | 灌溉排水工程 .....                   | 80         |
| 第二节         | 节水灌溉 .....                     | 87         |
| 第三节         | 泵站工程 .....                     | 89         |
| <b>第八章</b>  | <b>防洪治河工程 .....</b>            | <b>96</b>  |
| 第一节         | 防洪工程 .....                     | 96         |
| 第二节         | 治河工程 .....                     | 100        |
| <b>第九章</b>  | <b>生态水利工程 .....</b>            | <b>107</b> |
| 第一节         | 生态环境系统 .....                   | 107        |
| 第二节         | 水利工程对生态环境的影响 .....             | 109        |
| 第三节         | 生态水利工程技术 .....                 | 113        |
| <b>第十章</b>  | <b>水利水电工程勘测、设计、施工和管理 .....</b> | <b>120</b> |
| 第一节         | 水利水电工程建设程序 .....               | 120        |
| 第二节         | 水利水电工程勘测 .....                 | 121        |
| 第三节         | 水利水电工程设计 .....                 | 122        |
| 第四节         | 水利水电工程施工 .....                 | 125        |
| 第五节         | 水利水电工程管理 .....                 | 134        |
| <b>参考文献</b> | <b>.....</b>                   | <b>139</b> |

# 第一章 绪 论

水是生命的源泉，是一切生物赖以生存以及社会经济发展的重要物质资源。地球上的水资源是有限的，具有时空分布不均等特点。因此，水也会引起洪、旱、涝、渍、盐碱、滑坡、泥石流、海啸、风暴潮、环境恶化等灾害。如何开发利用水资源、保护水资源，使水资源得到有效、可持续应用，达到兴水利、除水害目的，是我们必须研究的课题。水利事业正是基于除水害和兴水利的根本任务，使水资源按照需求达到合理的利用、开发、保护，防止可能对人类的灾害，而实现兴利除害目的最根本的措施就是兴建水利工程。本章主要介绍地球上的水资源及中国水资源的概况和特点、水利事业和中国水利工程建设成就。

## 第一节 水 资 源

### 一、地球上的水资源

水资源是指地球上各种形成的（气态、液态或固态）天然水，包括大气中的水汽和水滴，海洋、湖泊、水库、河流、土壤、含水层和生物体的液态水，冰川、积雪和永久冻土中的固态水，岩石中的结晶水。水资源又可分为地表水和地下水。人类大量利用的是大气降水，河流、湖泊和水库水，土壤水和地下淡水。地球上水的储量很大（约为 15 亿  $\text{km}^3$ ），但 97.5% 是咸水，储存在海洋及其他水体中，只有 2.5% 是淡水。而这些淡水中将近 70% 冻结在南极和格陵兰冰盖中，其余大部分是土壤水或者是不易开采利用的深层地下水。因此，可供人类利用的淡水资源在数量上是有限的，不足世界淡水储量的 1%，即相当全球水储量的 0.007%。江河径流是人类的最重要和最经常利用的资源，全球的江河年径流量为 46.8 万亿  $\text{m}^3$ ，中国为 2.7 万亿  $\text{m}^3$ 。

水资源可以通过水循环不断得到更新。根据水的更新周期，地球上水的储量可分成两类：一类是永久储量，它的更新非常缓慢，如深层地下水、高山冰川中蓄积的水，大约每 1400~1600 年更新一次；另一类是年内可以更新的储量，如大气降水、河流水、湖泊水、土壤水、浅层地下水等，这部分水积极参与全球水循环，每年可以得到更新，并且在多年间可以保持动态平衡，它们就是通常所说的可利用水资源。由于大气降水是河流水、湖泊水、土壤水和地下水的总补给资源，从广义上讲，多年平均年降水量就是某一地区可利用水资源的总量。

河川水资源可以再生，可重复利用，但受到气候的影响，在时间上、空间上分布不均匀，水量偏多或偏少往往造成洪涝或干旱等自然灾害。为了兴利除害，满足国民经济各部门用水的需要，必须根据天然水资源的时空分布特点、需水的要求，修建必要的蓄水、引水、提水或跨流域调水工程，对天然水资源在时间上、空间上进行合理的再分配。水资源不同于土地、矿藏等自然资源，具有循环性和有限性，用途广泛和不可替代性，时空分布

不均匀性，有利性和有害性并存等特点。

二、中国水资源概况

中国幅员辽阔，水系众多，江河密布，径流充沛。960 万 km<sup>2</sup> 的国土上，大江大河源远流长，有长江、黄河、珠江、淮河、海河、辽河、松花江七大水系，还有雅鲁藏布江、澜沧江、怒江、鸭绿江、图们江、黑龙江、额尔齐斯河、伊犁河、阿克苏河等国际河流。据统计，流域面积在 100km<sup>2</sup> 以上的河流有 5 万多条，流域面积在 1000km<sup>2</sup> 以上的有 1500 多条。全国平均年降雨深为 630mm，降水总量为 6.19 万亿 m<sup>3</sup>，多年平均河川径流总量为 2.72 万亿 m<sup>3</sup>，有 17 条河流的年径流量在 500 亿 m<sup>3</sup> 以上。全国水系见附图 1。

中国水资源总量居世界第 6 位，前 5 位国家分别是巴西、俄罗斯、加拿大、美国、印度尼西亚。由于人口众多，水资源时空分布不合理，加上对水资源保护不够，水资源污染严重。从整体上来讲，中国是一个水资源缺乏的国家。人均占有水资源量约 2100m<sup>3</sup>，仅为世界人均占有量的 1/4。

我国的河川径流主要是降雨补给。中国多年平均雨量分布见彩图 2。就平均年降雨量来看，东南沿海地区在 1500mm 以上，淮河、秦岭以南大于 1000mm，华北、东北大部分地区在 400~800mm，西北大多数地区少于 400mm。从地面径流看，长江多年平均径流量达 9793 亿 m<sup>3</sup>，而黄河多年平均径流量只有 560 亿 m<sup>3</sup>。西北地区内陆河流总量约为 1.33 亿 m<sup>3</sup>，也只有长江水量的 11.3%。总之，我国水资源在地区上分布不均匀，东南多、西北少，由东南到西北递减。长江流域和长江以南地区，地表水资源占全国的 70%，长江流域以北地区拥有的地表水资源仅占全国的 30%。

就同一地区而言，降雨量和径流量在年和年际的分布也是不均匀的，并且有连续枯水年和连续丰水年出现的情况。大部分地区年降雨量和年径流量主要集中在汛期，南方地区汛期的雨量约占全年的 50%~60%；北方地区汛期的雨量约占全年的 60%~70%。径流也主要集中在汛期，黄河汛期 7~10 月 4 个月的入海流量一般约占全年的 60%以上，甚至一个月的水量达全年水量的 1/4，而冬春枯水期每个月水量只有全年水量的 3%~5%。由于汛期雨量过分集中，非汛期雨量缺乏，使得总水量得不到充分利用。降雨集中程度越高，弃水就越多，利用水量占水资源总量的比例也就越小。表 1-1 中国主要河流的径流特征值。

表 1-1 中国主要河流的径流特征值

| 河名  | 站名  | 集水面积<br>(km <sup>2</sup> ) | 多年平均<br>年径流量<br>(亿 m <sup>3</sup> ) | 最大年径流量           |      | 最小年径流量           |      | 年际<br>极值比<br>K | 变差<br>系数<br>C <sub>v</sub> | 统计<br>年数 |
|-----|-----|----------------------------|-------------------------------------|------------------|------|------------------|------|----------------|----------------------------|----------|
|     |     |                            |                                     | 亿 m <sup>3</sup> | 年份   | 亿 m <sup>3</sup> | 年份   |                |                            |          |
| 松花江 | 哈尔滨 | 390526                     | 385                                 | 847              | 1932 | 123              | 1920 | 6.9            | 0.31                       | 82       |
| 永定河 | 官厅  | 43402                      | 17.7                                | 32               | 1939 | 7.16             | 1930 | 4.5            | 0.32                       | 61       |
| 黄河  | 陕县  | 688421                     | 507                                 | 840              | 1964 | 242              | 1923 | 3.5            | 0.24                       | 61       |
| 淮河  | 蚌埠  | 121330                     | 278                                 | 719              | 1921 | 62.2             | 1929 | 11.6           | 0.59                       | 54       |
| 长江  | 汉口  | 1488036                    | 7392                                | 10130            | 1954 | 4531             | 1900 | 2.2            | 0.13                       | 113      |
| 珠江  | 梧州  | 329705                     | 2271                                | 3280             | 1911 | 1020             | 1963 | 3.2            | 0.2                        | 80       |
| 闽江  | 竹歧  | 54500                      | 559                                 | 842              | 1937 | 276              | 1971 | 3.1            | 0.23                       | 42       |
| 伊犁江 | 雅马渡 | 49186                      | 370                                 | 495              | 1959 | 280              | 1974 | 1.8            | 0.15                       | 56       |
| 黑河  | 莺落峡 | 10009                      | 49.5                                | 70.4             | 1952 | 35.1             | 1973 | 2.0            | 0.14                       | 36       |

在地下水资源方面,扣除地下水矿化度大于 2g/L 的咸水面积和大型水域面积,全国地下水资源计算面积约 880 万  $\text{km}^2$ ,多年平均资源量 8288 亿  $\text{m}^3$ 。其中,平原区计算面积为 198 万  $\text{km}^2$ ,多年平均资源量 1873 亿  $\text{m}^3$ 。中国华北地区、西北地区、东北地区,地表水相对贫乏,但有广大的平原分布,地下水资源量比较丰富且开采条件好,在城乡供水中地下水占有重要的地位。

随着中国经济的持续快速发展,城市化进程加快,人们生活水平的不断提高,对水量的需求日益增长。不少地区和城市水资源已严重短缺,洪旱灾害和环境恶化等问题日益突出。目前,全国 670 座城市中,有 400 多座城市缺水,年缺水量达 60 多亿  $\text{m}^3$ ,全国近 50% 的河段、90% 的城市水域受到不同程度的污染。

### 三、中国水资源特点

#### 1. 人均水量低

由于中国人口众多,人均天然河川径流量大大低于世界平均水平。按 1999 年人口统计计算,中国人均径流量 2100 $\text{m}^3$ ,约为世界人均径流量的 1/4。

#### 2. 地区上分布不均匀

中国水资源因受海陆位置、水汽来源、地形地貌等因素的影响,在地区上分布极不均匀,总趋势从东南沿海向西北内陆递减。按照年降水量和年径流深,可将全国划分为 5 个地带。

(1) 多雨——丰水带。年降水量大于 1600mm,年径流深超过 800mm。包括浙江、福建、中国台湾、广东的大部分,广西东部、云南西南部和西藏东南部,以及江西、湖南、四川西部的山地。

(2) 湿润——多水带。年降水量 800~1600mm,年径流深 200~800mm。包括沂沭河下游和淮河两岸地区,秦岭以南汉江流域,长江中下游地区,云南、贵州、四川、广西的大部分以及长白山地区。

(3) 半湿润——过渡带。年降水量 400~800mm,年径流深 50~200mm。包括黄淮海平原,东北三省、山西、陕西的大部分,甘肃和青海的东南部,新疆北部、西部的山地,四川西北部和西藏东部。

(4) 半干旱——少水带。年降水量 200~400mm,年径流深 10~50mm。包括东北地区西部,内蒙古、宁夏、甘肃的大部分地区,青海、新疆的西北部和西藏部分地区。

(5) 干旱——干涸带。年降水量小于 200mm,年径流深不足 10mm,有面积广大的无流区。包括内蒙古自治区、宁夏回族自治区、甘肃的荒漠和沙漠,青海的柴达木盆地,新疆的塔里木盆地和准噶尔盆地,西藏北部的羌塘地区。

#### 3. 与耕地、人口的分布不相匹配

中国外流区域面积占全国面积的 64.6%,水资源总量占全国的 95.4%;内流区域面积占全国的 35.4%,水资源总量占全国的 4.6% (见表 1-2)。在外流区域中,水资源与耕地、人口的地区分布不相匹配,人均、单位耕地水资源量差别很大:南方地区水资源总量占全国的 81.0%,人口占全国的 54.6%,耕地占全国的 39.7%,人均水资源为 3300 $\text{m}^3$ ,单位耕地水资源为 43860 $\text{m}^3/\text{hm}^2$ ;北方地区水资源总量占全国的 14.4%,人口占全国的 43.3%,耕地占全国的 54.9%,人均水资源为 740 $\text{m}^3$ ,单位耕地水资源为

5640m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>。这种水、土资源和人口组合不平衡的状况，造成了北方用水紧缺的局面。内流区域人均、单位耕地水资源虽然不少，但有人居住的地区水资源有限，亦感水量不足。

表 1-2 中国水资源、耕地、人口的分区组合

| 分 区 名 称          |        |         | 土 地<br>面 积 | 水 资 源<br>总 量 | 人 口  | 耕 地  | 人均水资源量<br>(m³/人) | 单位耕地<br>水资源量<br>(m³/hm²) |
|------------------|--------|---------|------------|--------------|------|------|------------------|--------------------------|
|                  |        |         | 占全国 (%)    |              |      |      |                  |                          |
| 内流区域 (含额尔齐斯河)    |        |         | 35.4       | 4.6          | 2.1  | 5.4  | 4830             | 18300                    |
| 外<br>流<br>区<br>域 | 北<br>方 | 东北诸河    | 13.1       | 6.9          | 9.3  | 19.7 | 1640             | 7460                     |
|                  |        | 海滦河流域   | 3.3        | 1.5          | 9.9  | 9.1  | 340              | 3540                     |
|                  |        | 淮河和山东半岛 | 3.5        | 3.4          | 15.7 | 13.4 | 480              | 5480                     |
|                  |        | 黄河流域    | 8.3        | 2.6          | 8.4  | 12.7 | 700              | 4480                     |
|                  |        | 北方四区    | 28.2       | 14.4         | 43.3 | 54.9 | 740              | 5640                     |
|                  | 南<br>方 | 长江流域    | 18.9       | 34.2         | 33.2 | 25.5 | 2290             | 28770                    |
|                  |        | 华南诸河    | 6.1        | 16.8         | 12.8 | 8.4  | 2920             | 42820                    |
|                  |        | 东南诸河    | 2.5        | 9.2          | 7.1  | 3.0  | 2800             | 67340                    |
|                  |        | 西南诸河    | 8.9        | 20.8         | 1.5  | 2.8  | 30890            | 160000                   |
|                  |        | 南方四区    | 36.4       | 81.0         | 54.6 | 39.7 | 3300             | 43860                    |
|                  | 外流河八区  |         | 64.6       | 95.4         | 97.9 | 94.6 | 2170             | 21760                    |
| 全国               |        | 100     | 100        | 100          | 100  | 2180 | 21480            |                          |

注 1. 人口采用 1999 年统计数。  
2. 耕地面积采用国家土地管理局 1996 年调查数。

4. 年内年际变化大

因受季风气候的影响，中国大部分地区降水的年内分配很不均匀，年际变化大，枯水年和丰水年连续发生。长江以南地区受东南季风影响时间长，最大 4 个月降雨发生在 3~6 月或 5~8 月，占全年降水量的 50%~60%。华北和东北地区，多雨季节为 6~9 月，这 4 个月雨量占全年降水量的 70%~80%，其中华北地区更为集中，7 月、8 月两个月降雨占全年的 50%~60%。西南地区主要受西南季风的影响，有明显的雨季（5~10 月）和旱季（11 月~翌年 4 月），最大 4 个月（6~9 月）雨量占全年的 70%~80%。各年的降水量相差也较大，极值比西北大部分地区为 5~6，华北地区为 4~6，东北地区为 3~5，淮河、秦岭以南地区为 2~4。年径流的年际变化更大，在半干旱、半湿润地区的极值比可达 15~20。中国大部分地区的降水有比较明显的 60~80 年长周期，且南北不同步。许多河流发生过 3~8 年的连丰期或连枯期，黄河曾发生长达 11 年的连枯期。降水和径流年内年际变化大的特点，是造成中国水旱灾害频繁、农业生产不稳定的重要原因，也给水资源的充分开发利用带来困难，需要兴建大量水库对河川径流量进行年内调节或多年调节。

四、中国水能资源概况

中国有着巨大的水能资源蕴藏量。我国的地形特征为西高东低，主要河流多发源于西

南高原，加之南方雨量丰沛，丰沛的径流和巨大的落差，形成了十分丰富的水能资源。全国约 70% 的水能资源集中在西南地区，可开发的大型水电站和特大型水电站站址的 70%~80% 都分布在西南各省、自治区（云南、贵州、四川、西藏）。据全国第 5 次水能资源普查，我国大陆的水能蕴藏量为 676000MW，年发电量为 5.92 万亿 kW·h。表 1-3、表 1-4 分别为中国大陆水能资源按地区和按水系分布的情况。中国大陆地区可开发的装机容量为 378530MW，年发电量为 19233 亿 kW·h，列世界之冠。另据统计，中国台湾地区水能蕴藏量为 11730MW，年发电量为 1028 亿 kW·h。除此之外，在我国还有 8000 多 km 海岸线上可能开发的潮汐动力资源约 21000MW。

表 1-3 中国大陆水能资源分布（按地区）

| 地 区 | 理论蕴藏量<br>(MW) | 可开发容量<br>(MW) | 年发电量<br>(亿 kW·h) | 所占比例<br>(%) |
|-----|---------------|---------------|------------------|-------------|
| 华北  | 12300         | 6920          | 232.25           | 1.2         |
| 东北  | 12120         | 11990         | 383.91           | 2.0         |
| 华东  | 30050         | 17900         | 687.94           | 3.6         |
| 中南  | 64080         | 67430         | 2973.65          | 15.5        |
| 西南  | 473310        | 232340        | 13050.36         | 67.8        |
| 西北  | 84180         | 41940         | 1904.93          | 9.9         |
| 全国  | 676040        | 378520        | 19233.04         | 100.0       |

表 1-4 中国大陆水能资源分布（按水系）

| 水 系          | 理论蕴藏量<br>(MW) | 可开发容量<br>(MW) | 年发电量<br>(亿 kW·h) | 所占比例<br>(%) |
|--------------|---------------|---------------|------------------|-------------|
| 长江           | 268020        | 197240        | 10274.98         | 53.4        |
| 黄河           | 40550         | 280000        | 1169.91          | 6.1         |
| 珠江           | 33480         | 24850         | 1124.78          | 5.8         |
| 海河、滦河        | 2940          | 2130          | 51.68            | 0.3         |
| 淮河           | 1440          | 660           | 18.94            | 0.1         |
| 东北诸河         | 15310         | 13700         | 439.42           | 2.3         |
| 东南沿海诸河       | 20670         | 13900         | 547.41           | 2.9         |
| 西南沿海诸河       | 96900         | 37680         | 2098.68          | 10.9        |
| 雅鲁藏布江及西藏其他河流 | 159740        | 50380         | 2969.58          | 15.4        |
| 北方内陆及新疆诸河    | 34990         | 9970          | 538.66           | 2.8         |
| 全国           | 676040        | 378530        | 19233.04         | 100.0       |

目前，中国大中型水电站约 2000 多座，其中单站装机 2000MW 以上的特大型水电站有 33 座，总装机容量和年平均发电量占开发资源总量的 50%；250MW 以上的大型水电站有 203 座，其装机容量和年平均发电量占开发资源总量的 80%。中国台湾地区的可开发装机容量为 5050MW，年发电量为 204 亿 kW·h。截至 2008 年年底，中国大陆地区水

电装机容量已达 171000MW，开发率为 27% 左右，年发电量 5600 亿 kW·h，水电装机容量和年发电量位居世界首位，水电装机容量占全国电力总装机的 21.6%。根据国家发展和改革委员会公布的《可再生能源发展“十一五”规划》，2010 年水电装机容量达到 190000MW，其中大中型常规水电 120000MW，小水电 50000MW，抽水蓄能电站 20000MW。在“十一五”末的 2010 年 5 月，小湾水电站 4 号机组投产，标志着我国水电装机容量站上了 200000MW 这个新的历史起点。

### 五、水资源的利用和保护

水能资源同样存在着利用和保护的问题。中国是发展中国家，利用丰富的水能资源是必然的途径，开发水能资源就需要建设大坝。大坝拦断江河蓄水发电的同时，也阻碍了河流的天然流动。在水能开发过程中，如何保护环境免受破坏是目前的新问题。水资源及水能资源的合理开发利用要做好流域规划，合理布局，梯级开发，先后有序，综合利用。借鉴世界发达国家水能资源开发的经验教训，认真研究水利水电工程建设与环境保护之间的矛盾与和谐，真正实现水资源和水能资源的有效利用、综合利用、可持续利用。

水的用途十分广泛，不仅用于农业灌溉、工业生产、城乡生活，而且还用于发电、航运、水产养殖、旅游娱乐、改善生态环境等，水在人类生活中占有特别重要的地位。随着社会生产力快速发展，人民文化生活水平不断提高，人类对水的需求量日益增长，不少国家、不少地区出现了水源不足的紧张局面，水资源已成为经济社会可持续发展的重要制约因素。人们已逐渐认识到水资源并不是取之不尽、用之不竭的，必须十分重视、珍惜利用。

面对有限供水和不断增长的用水需要，为了使有限的水资源得以充分发挥效益，世界各国都十分重视水资源的调查、评价和合理开发利用。为了提高水资源的利用率，水资源的开发利用已由单一目标发展到多目标综合利用，由地表水或地下水单一水源的开发发展到地表水和地下水等多种水源的联合开发，由水量控制发展到水质控制，由单纯经济观点发展到经济、社会、环境、生态等多因素的综合分析。水资源的供需体系已成了一个复杂的系统，必须用系统分析的方法，综合分析这些复杂的因素，为水资源的统一规划、管理和重大决策提供科学依据。

水资源利用不充分、不合理和水污染，更加剧了水资源供需矛盾。因此，提倡节约用水、合理用水，提高水的有效利用率，拓展水源，对废污水进行处理和重复利用，海水淡化或直接利用海水，在流域间进行合理调配，合理开发利用雨洪资源，是解决水资源不足和持续利用的有效措施。制定水资源开发、利用、管理、保护的法规和规划，结合必要的经济手段，对水资源统一管理，合理调度，科学分配，能使有限水资源在发展国民经济、提高人民生活水平中，更加有效地发挥其作用。

## 第二节 水 利 事 业

作为自然界的重要组成部分，水给人类带来福祉的同时也给我们带来了灾难。人类研究自然界水资源规律，采取各种适当的工程措施，对天然河道进行控制和改善，以达到兴水利除水害的目的。为达到这一目的而开展的一系列解决水问题的活动称之为水利事业。

水利事业的根本任务是除水害和兴水利，实现兴利除害目的最根本的措施就是兴建水利工程。

所谓水利工程，是指对自然界的地表水和地下水进行控制和调配，以达到除害兴利目的而修建的工程。水利工程按其承担的任务可分为防洪工程、农田水利工程、水力发电工程、供水与排水工程、航运及港口工程、生态水利工程等，一项工程同时兼有几种任务时称为综合利用水利工程。水利工程也可按其对水的作用分类，如蓄水工程、排水工程、取水工程、输水工程、提水（扬水）工程、水质净化和污水处理工程等。

基于水利工程建设，水利事业需实现防洪、农田水利、水力发电、城市水利、生态水利、航运、水产及旅游等效益。

### 一、防洪

我国的河流多数属于雨源型河流，由于雨量主要集中在汛期，往往发生暴雨洪水，极易造成洪水灾害。洪水造成的危害。轻者毁坏良田，重者造成工业停产、农业绝收，威胁人民生命财产安全。水害发生往往是大面积的，损失惨重。因此，在开发利用河流水资源时，一般先要解决防洪问题。由于目前水文、水情预报还未尽如人意，防洪是水利事业的一项十分重要工作。防洪减灾主要有以下几项措施。

#### 1. 蓄洪、滞洪、分洪

蓄洪是利用水库和湖泊洼地来调蓄洪水。在河流上中游修建大坝形成水库拦蓄洪水，是当前提高防洪能力的重要措施。水库巨大的库容，能够蓄积和滞留大量的洪水，削减下泄洪峰流量，从而减轻消除下游河道可能发生的洪灾。

滞洪是利用河道附近的湖泊和洼地，建水闸控制引进一部分洪水临时蓄积起来，待洪峰过去后再排入原河道。

堤防防御洪水的能力是有限的。当河道泄流能力不足时，分洪是确保堤防安全的措施之一。分洪工程是河流上游某处修筑分洪闸，将超过下游河段安全泄量的部分洪水引走，以保证下游河段的安全。分洪是滞洪非常措施，在汛期适当的时候向分洪区分洪，能在抗洪的关键时刻舍去局部利益，从而保全大局。

#### 2. 增加河道泄洪能力

修建堤防和整治河道，扩大河道过水断面，能有效提高河段的泄洪能力。

筑堤防洪是平原地区历史最悠久的防洪措施，也是目前防洪的重要措施之一。防洪堤一方面扩大了河道的过水断面，增加了泄洪能力；另一方面也增加了河道本身的蓄水容积。

整治河道包括对河道疏浚拓宽、裁弯取直、消除障碍、做护岸堤等。河道疏浚拓宽，将过于窄浅的阻水河段疏通、浚深、拓宽以增加泄洪能力。裁弯取直针对河道弯段过多或曲率过大、泄洪不畅的河段进行的河道改善。护岸工程一般是在河道凹岸设置，能有效防止洪水冲刷引起河岸坍塌及堤防崩溃，有稳定河床作用，对泄洪有利。

河床及其范围内的河滩地均是行洪通道，不得有任何影响泄洪的障碍存在。近些年来随着经济的发展，城市人口的增加，人类活动范围的扩大，受利益驱使，随意侵占河滩地时有发生。建筑物的存在造成河道过水断面缩减，阻碍泄洪，大大降低河道的过流能力。洪水汛期，建筑物壅高上游水位，威胁堤防安全，必须清除。

### 3. 加强水土保持

流域内上游地区的大量泥沙随地面径流进入河道，逐渐淤积在下游河床内，抬高了河床底部的高程，降低河道的行洪能力，致使河道破堤决口甚至改道，造成严重的洪水灾害。黄河就为其中一个例子。植树种草增加植被，能大大加强水土保持。利用树木、草丛可以截留和拦蓄部分雨水，减小洪峰。茂盛的植被能保护地面土壤免受水流冲刷，减缓坡面上的水土流失和河道泥沙，还能够增加土壤的含水量，涵养水土资源。

## 二、农田水利

水利是农业的命脉。农田水利事业是指一系列改善农田水分状况和地区水情的活动。在全国的总用水量中，超过 80% 的用水量是农业用水。良好的农田灌溉排水水利设施，是抗旱、排涝、防渍、防治盐碱，保障农业生产丰收的主要措施。修建水库、堰塘、渠道、涵闸、泵站等设施可以提高农业生产保障，是水利事业的重要内容。

## 三、水力发电

在河川水流中，在潮汐和海浪里，蕴藏着巨大的能量，称为水能或水力资源。一般意义的水能资源主要指河流水能资源。水在自然界中周而复始的循环，水能是一种廉价、可再生、取之不尽用之不竭的能源。相对于石油、煤炭等不可再生、易产生污染的化石能源来说，水能具有无可比拟的优势。

水力发电就是利用水能，运用现代技术，利用大坝等拦蓄洪水，形成水库，抬高水位，再引水流通过水轮发电机组，利用水位落差使水能变为电能。水力发电不消耗水量，没有污染，运行成本低，是当前国家建设发展时期优先考虑发展的能源。

## 四、城市水利

城市水利就是开展一系列与城市各项功能正常运行有关的水事活动。其服务对象主要是城市居民，工作内容主要包括城市水安全、水环境、水生态、水管理等有关城市与水之间和谐运作的活动。它是集防洪、供水、水质保护、景观、生态建设于一体的综合水利建设。附图 14 为南京市外秦淮河城市防洪工程。随着城市的发展，居民生活水平的提高，将对城市水利提出越来越高的要求，城市水利建设的内容也要依据需求的变化而变化。

城市水利工作的总体目标是：保障城市防洪安全、供水安全、水生态与水环境安全，推进节水型社会建设，努力实现人水和谐。2006 年水利部《关于加强城市水利工作的若干意见》中提出：“到 2010 年，我国城市防洪标准进一步提高；在流域和区域的统一配置和调度前提下，通过供水工程建设与节水措施，基本满足城市发展的用水需求；加快城市污水处理设施建设，使城市水体质量明显好转，通过水生态系统保护与修复，水环境得以改善。到 2020 年，全国大中型城市基本达到国家规定的防洪标准，水资源供给能力与城市发展相适应，水功能区水质全面达标，水生态状况和水环境质量明显改善，实现人水和谐，环境优美。”

城市水利是水利工作的有机组成部分，也是提高城市综合承载能力，积极稳妥地推进城市化进程的基础支撑和重要保障。加强城市水利基础设施建设，以促进城乡经济社会可持续发展。

## 五、生态水利

水利界部分专家将人类水利史重新划分了与古代水利、近代水利和现代水利不同的

“原始水利”、“工程水利”、“资源水利”和“生态水利”四个阶段。

“原始水利”是水资源开发的原始阶段，以解决人类生活生存为主要目的，主要是修堤拦洪、挖渠灌溉，但是拦洪只能拦一小部分洪水，灌溉也只能小范围灌溉。“工程水利”是水资源开发的初级阶段，其活动集中在修建各类调蓄工程和配套设施，对水资源进行失控调节，实现供水管理。“资源水利”是水资源开发的中级阶段，主要特征是以宏观经济为基础，通过市场机制和政府行政来合理配置、优化调度控制水资源的利用方式，限制水资源的过度需求，提倡节约用水，提高其利用率，以维持经济的持续增长。

“生态水利”是基于 20 世纪先后提出的“环境水利”和“生态水利”发展形成的，依据对水利与生态系统关系的研究，按照生态学原理，遵循生态平衡的法则和要求，从生态的角度出发进行水利工程建设，建立满足良性循环和可持续利用的水利体系，从而达到可持续发展以及人与自然和谐相处。生态水利工程是一种综合性工程，既要满足人的需求，包括防洪、灌溉、供水、发电、航运以及旅游等需求，也要兼顾生态系统可持续性的需求。生态水利工程既要符合水利工程学原理，也要符合生态学原理。生态水利工程的工程设施必须符合水文学和工程力学的规律，以确保工程设施的安全性、稳定性和耐久性。

#### 六、航运及水产养殖

一些天然河道，或者是落差大、水流急，或者是河滩多、水深浅。在这些河流中，有些只能做季节性通航，有些却根本无法通航。筑坝修水库可以彻底解决深山峡谷的船只通航问题。三峡工程便是一个例子。水利水电工程修建了拦河大坝以后，阻隔了江河水流的天然通道，隔挡了过往船只的通行。在水利水电工程枢纽中需要修建船闸、升船机等通航建筑物，恢复全河段的河道通航问题。在平原地区，用滚水坝、水闸等壅水建筑物来抬高河道的水位以加大水深，改善河道航运条件，延长通航里程。同样也需要修建过坝过闸的通航建筑物来通过这些建筑物。

水利枢纽工程的修建为库区养鱼提供了广阔的水域条件。同时，水工建筑物妨碍了自然洄游鱼类的生存环境，需用一定的措施来帮助鱼类生存，如设置鱼道、鱼闸等水利设施。

#### 七、旅游及其他

大型水库宽阔的水域将库内一些山体包围成岛屿，形成有山有水的美丽风景，是旅游度假的好去处，甚至水工建筑物自身也成为旅游景点。如今，库区旅游在许多地方成为旅游热点，如新安江水库的千岛湖、长江三峡水利枢纽等。

### 第三节 我国水利工程建设成就

我国幅员辽阔，是具有 5000 多年文明史的文明古国，水利方面文明更是灿烂的中华文明史中一颗璀璨的明珠。早在公元前 2000 多年前，我国人民已经开始与灾害作斗争，大禹治水“三过家门而不入”的佳话，反映了劳动人民与水斗争取得胜利的业绩。公元前 250 年，李冰父子主持修建都江堰工程，实现了“三七分流”、“二八分砂”，目前灌溉面积 1000 万亩以上。公元前 214 年，秦始皇令史禄率众劈山凿渠，兴建灵渠，沟通了长江

和珠江两大水系，成为当时南北航运的重要通道。公元前 598～前 591 年在今安徽寿县境内兴建的芍陂（今称安丰塘），现为淠史杭灌区的一个重要的反调节水库，灌溉面积 63 万多亩。这些水利工程为社会的发展做出了贡献，为中华民族的繁衍生息、发展壮大奠定了根基。下面介绍几个古代和现代著名的水利工程。

## 一、古代水利工程

### 1. 都江堰

都江堰位于四川省都江堰市境内岷江进入成都平原的起始段，引岷江水，灌溉成都平原

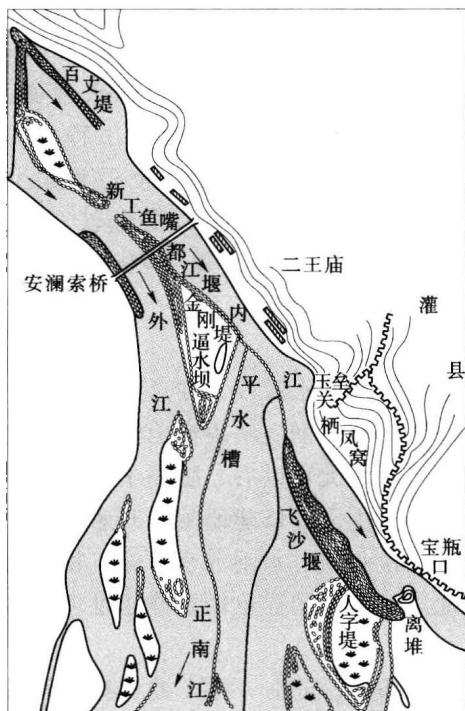


图 1-1 都江堰渠首枢纽平面布置图

的大型水利工程。公元前 250 年，由时任蜀郡太守的李冰父子主持修建。都江堰工程包括宝瓶口、飞沙堰、分水鱼嘴、金刚堤、人字堤等建筑物（见图 1-1）。宝瓶口依山开凿而成，是整个灌溉渠的进水口，不仅能够在枯水期大量引水，还能在洪水期约束控制进渠水量。分水鱼嘴建在岷江的江心洲滩最前端，在枢纽中起导水作用，低水位时分水入渠。飞沙堰长 150～200m，高 2m，汛期通过堰顶由内江向外江溢水分流排沙。内金刚堤长约 650m，外金刚堤长约 900m。整个工程顺地势修建而成，既能将岷江水引入成都平原用于灌溉，又能节制引水量。洪水期，狭窄的宝瓶口只允许 30% 的水进入内江，将 70% 的水量进入成都灌区。都江堰工程代表了当时水利工程建设最高水平，经历代整治，至今仍在在使用。1991 年，都江堰水利枢纽的灌溉面积已达到 1060 万亩，2006 年 12 月紫坪铺工程完工后，总灌溉面积达到 1400 万亩。

### 2. 灵渠

灵渠全长 37km，在广西兴安县境内，距桂林市约 60km。秦统一六国后，为了南下进攻南越，秦始皇令史禄率众劈山凿渠，于公元前 214 年修建灵渠。汉代马援，唐代李渤、鱼孟威，北宋李师中等，相继主持续建和修复灵渠。灵渠将长江水系的湘江和珠江水系的漓江连接在一起，沟通了长江和珠江两大水系，在当时成为南北航运的重要通道。灵渠工程由大天平、小天平、南渠、北渠等建筑物构成。大、小天平组成拦河坝（见图 1-2、图 1-3），拦断湘江上游段（又称海阳河），将抬高水位的湘江江水分别流入南渠（与漓江相通）和北渠（与湘江下游相通）。洪水期多余的水从大、小天平的顶部溢流进入湘江故道。大、小天平的鱼鳞石结构合理，能够抵御较大洪水的冲刷，在今天看来仍使人叹为观止。整个工程顺势建筑而成，至今仍保持完好。灵渠对维护国家统一、促进中原与岭南经济文化交流作出了重要贡献。灵渠与都江堰一南一北，异曲同工，相互媲美。