



普通高等教育“十一五”国家级规划教材  
全国水利水电高职教研会推荐教材

# 中国水利概论

(第2版)

杨邦柱 郭振宇 主编  
叶舟 拜存有 主审

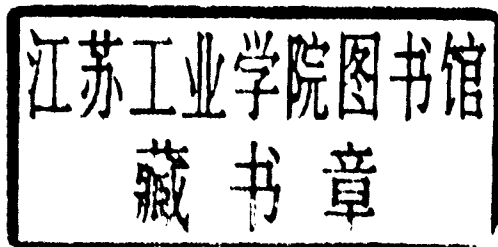
 黄河水利出版社

普通高等教育“十一五”国家级规划教材  
全国水利水电高职教研会推荐教材

# 中国水利概论

(第2版)

主 编 杨邦柱 郭振宇  
副主编 解爱国 张保同  
主 审 叶 舟 拜存有



黄河水利出版社

## 内 容 提 要

本书是普通高等教育“十一五”国家级规划教材,是按照国家对高职高专人才培养的规格要求及高职高专教学特点编写完成的。本书系统地介绍了中国水利事业的发展概况,包括中国的水资源、自然环境与水利、中国水利的发展、中国水系的开发利用、中国水资源存在的问题与对策,重点介绍了中国七大水系以及西南、东南沿海诸河流的流域概况、开发现状以及存在的问题和远景规划。读者通过本书可以系统地了解中国水利的过去、现在和未来,提高对水利事业的认识。本书可作为高职高专水利类专业的基础教材、普通院校的选修课程教材,也可供关心、热爱中国水利事业的人士阅读参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

中国水利概论/杨邦柱,郭振宇主编.—2版.—郑州:黄河水利出版社,2009.6

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

ISBN 978-7-80734-601-2

I. 中… II. ①杨…②郭… III. 水利工程—中国—高等学校:技术学校—教材 IV. TV-12

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第083139号

组稿编辑:王路平 电话:0371-66022212 E-mail:hhsllwp@126.com

---

出版社:黄河水利出版社

地址:河南省郑州市顺河路黄委会综合楼14层 邮政编码:450003

发行单位:黄河水利出版社

发行部电话:0371-66026940,66020550,66028024,66022620(传真)

E-mail:hhslebs@126.com

承印单位:黄河水利委员会印刷厂

开本:787 mm×1 092 mm 1/16

印张:10

字数:230千字

印数:7 101—11 200

版次:2003年12月第1版

印次:2009年6月第3次印刷

2009年6月第2版

---

定价:20.00元

## 再版前言

本书是普通高等教育“十一五”国家级规划教材,是根据《国务院关于大力发展职业教育的决定》、教育部《关于全面提高高等职业教育教学质量的若干意见》等文件精神,以及教育部对普通高等教育“十一五”国家级规划教材建设的具体要求组织编写的。

水利事业是我国国民经济的支柱产业和基础产业。水资源是基础性的自然资源和战略性的经济资源,是生态与环境的重要控制性要素。为了解决水资源存在的问题,国家加大了对水利事业的投入,三峡工程的建设,南水北调东线、中线工程的陆续上马,在广大青年中掀起了献身水利事业的热潮。编写《中国水利概论》旨在系统地介绍中国水利概况,提高青年学生对水利事业的认知。

本书主要介绍中国各大江河的流域概况,中国水利建设的发展过程、现状、存在的问题以及远景规划。全书共分五章,主要内容包括中国的水资源、自然环境与水利、中国水利的发展、中国水系的开发利用、中国水资源存在的问题与对策。

本书编写人员如下:黄河水利职业技术学院杨邦柱、郭振宇,山西水利职业技术学院解爱国、张茹,华北水利水电学院水利职业学院张保同,杨凌职业技术学院张宏。本书由杨邦柱、郭振宇担任主编,杨邦柱负责全书统稿;由解爱国、张保同担任副主编;由浙江同济科技职业学院叶舟、杨凌职业技术学院拜存有担任主审。

本书在修订过程中,黄河水利职业技术学院焦爱萍博士收集、整理了大量的文献资料,对本书的顺利出版做出了贡献。

本书在编写过程中,参考了大量文献,在此对文献的撰写者表示衷心的感谢。由于编者的水平有限,书中错误、疏漏与不足之处在所难免,恳请广大读者批评指正。

编者

2009年3月

# 目 录

## 再版前言

<b>第一章 中国的水资源</b> .....	(1)
第一节 水资源的概念及其特点 .....	(1)
第二节 中国的水资源概况 .....	(3)
第三节 水能资源概况 .....	(11)
第四节 中国水资源开发利用成就与前景展望 .....	(16)
<b>第二章 自然环境与水利</b> .....	(23)
第一节 中国的自然环境对水利的影响 .....	(23)
第二节 水利工程对环境的影响 .....	(26)
<b>第三章 中国水利的发展</b> .....	(31)
第一节 水利发展对社会的影响 .....	(31)
第二节 治河事业的发展 .....	(38)
第三节 农田水利的发展 .....	(49)
第四节 航运事业的发展 .....	(54)
<b>第四章 中国水系的开发利用</b> .....	(62)
第一节 长 江 .....	(62)
第二节 黄 河 .....	(73)
第三节 淮 河 .....	(85)
第四节 海 河 .....	(91)
第五节 珠 江 .....	(99)
第六节 东北地区诸河流 .....	(104)
第七节 西南地区诸河流 .....	(111)
第八节 东南地区诸河流 .....	(117)
<b>第五章 中国水资源存在的问题与对策</b> .....	(123)
第一节 水资源污染与对策 .....	(123)
第二节 跨流域调水 .....	(128)
第三节 节水灌溉 .....	(138)
第四节 城市防洪 .....	(144)
第五节 水土保持 .....	(148)
<b>参考文献</b> .....	(154)

# 第一章 中国的水资源

## 第一节 水资源的概念及其特点

水是生命的源泉,是影响社会发展和人类进步的重要物质,是生态环境系统中最活跃和影响最广泛的因素,是工、农、牧、副业等生产中最重要资源。当前我国正处在工业化和城镇化快速发展的阶段,在人口不断增长,工农业生产迅速发展和人民生活水平日益提高的情况下,进一步认识水资源在国民经济中的地位和作用,以便更好地合理开发、利用、管理、保护和节约水资源,具有重要的现实意义。

### 一、水资源的概念及水的用途

#### (一) 水资源的概念

水资源一词很早即已出现,其含义随着时代的前进而不断丰富和完善。在《英国大百科全书》中,水资源被定义为“全部自然界任何形态的水,包括气态水、液态水和固态水”。在联合国教科文组织和世界气象组织共同制定的《水资源评价活动:国家评价手册》中,把水资源定义为可以利用或有可能被利用的水源,具有足够数量和可用的质量,并能在某一地点为满足某种用途而可被利用。

因此,水资源可以理解为在人类长期的生存、生活和生产过程中所需要的各种水,既包括数量和质量的含义,又包括它的使用价值和经济价值。

水资源概念有广义和狭义之分。狭义水资源是指人类能够直接利用的淡水。换句话说,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。人们通常把它用来满足工业用水、农业用水和生活用水的需求,一般以径流量来表示水资源的数量。广义水资源是指人类能够直接或间接利用的各种水和水中物质,只要能作为生产资料和生活资料,在社会生产中具有使用价值和经济价值的水。它包括地球上所有的淡水和咸水,既包括天然的水,又包括工程措施蓄水、引水、提水和植物措施涵养的水。

#### (二) 水的用途

水的用途很广,主要用于日常生活、工业、农业灌溉、水力发电、航运、渔业、旅游等方面。水与一个国家的国民经济发展状况、工业和农业等特殊部门在国民经济中的重要程度,水的使用效率和社会变化、风俗习惯等有密切的关系。从全球来说,农业是最大的用水部门,其用水量占总耗水量的80%。

水是一种可再生的、可重复使用的资源。但由于水在时间上和空间上的分配极不均匀,因此世界上不少国家和地区已经出现水源不足和用水紧张的局面。可见,加强水资源的合理利用和科学管理,对人类社会的发展意义重大。

## 二、水资源的特点

### (一) 储量的有限性

地球表面大约有 71% 的面积上覆盖着水。据估算,地球上水的总体积为 14.6 亿  $\text{km}^3$ ,其中海洋湖泊等咸水占 97.3%,淡水只占 2.7%。淡水中有 77.2% 的贮藏在极地冰川中,约 22.4% 的为地下水和壤中水(约 2/3 的位于地表以下 750 多 m 的深处),约 0.35% 的在湖泊和沼泽中,0.01% 的在大气中,江河中的淡水不足 0.01%。全世界实际利用的江河、湖泊中的全部地表水,估计还不到可利用淡水量的 0.5%,然而这部分淡水正是人类使用的基本水资源。

目前世界上一些国家和地区已开始面临缺水,今后的情况将更加严峻。总之,水资源量是有限的,并非取之不尽、用之不竭的。

### (二) 补给的循环性

水是一种动态资源,具有循环性。水循环是一个庞大的天然水资源系统,水汽以雨水的形式从空中降落到陆地上,经地面或地下流向下流,汇入海洋,再经太阳辐射蒸发回到大气层中,这样循环往复,使地表和地下的淡水处在水循环系统中,源源不断地获得大气降水的补给,水便可以不断供给人类利用和满足生态环境平衡的需要。

### (三) 时空分布的不均匀性

水资源循环过程在自然界中具有一定的时间和空间分布。全球年径流量为 46 848  $\text{km}^3$ ,其中:亚洲为 14 410  $\text{km}^3$ ,占全球年径流量的 31%;南美洲为 11 760  $\text{km}^3$ ,占 25%;北美洲为 8 200  $\text{km}^3$ ,占 17%;非洲为 4 570  $\text{km}^3$ ,占 10%;欧洲为 3 210  $\text{km}^3$ ,占 7%;大洋洲为 2 388  $\text{km}^3$ ,占 5%;南极洲为 2 310  $\text{km}^3$ ,占 5%。

同一地区在不同时间水资源的分布也不均匀,年际之间有枯水年和丰水年,年内有枯水期和丰水期。

### (四) 用途的不可替代性

地球在漫长的地质年代里,经历过多次骇人听闻的大灾难。台风、龙卷风、海啸、地震、火山等可以在几小时,甚至在几分钟内就把整个城市摧毁,使千百万人丧生。在这些灾害发生的整个自然过程中均有水的参与。一切生物体内都含有水。没有氧气可以有生命存在,但是没有水便没有生命。如果缺乏水,植物就要枯萎,动物就要死亡,物种就会绝迹,人类就不能生存。因此,水是维护动植物生命和人类生存所不可替代的物质。

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不可能有发展前景。水既是生活资料,又是生产资料,工业生产、农业生产和人们日常生活都要消耗大量的水。水是推动人类进步和社会发展的不可替代的资源。

陆地上川流不息的溪涧江河,碧波荡漾的湖泊,飞流而下的瀑布,它们赋予了大自然丰富多彩的壮丽奇观。因此,水又是自然环境和生态环境美丽景色不可替代的物质。

### (五) 利害双重性

水是重要的自然资源,当一个地区水资源数量适宜且时空分布均匀,将为区域经济发展、自然环境的良性循环和人类社会进步发挥重大作用。然而,在水量过多或过少的地区,往往又产生各种各样的自然灾害:水量过多容易造成洪水泛滥,内涝渍水;水量过少

容易形成干旱等自然灾害。

水资源开发利用不当同样为祸人类。水利工程设计不当,管理不善,造成垮坝事故,引起土壤次生盐碱化,有的甚至引起生态环境发生重大变化;工业废水、生活污水、有毒农药的施用等容易造成水质污染,环境恶化;过量抽取地下水会造成地面下沉、诱发地震等。这些都是违背自然规律、水资源利用不合理引起的灾害。

自然灾害或人为引起的灾害,都会严重威胁人类的生命和财产安全,造成严重的经济损失。因此,水资源开发应实行综合开发,合理利用,兴利除害,保护环境。

## 第二节 中国的水资源概况

### 一、中国的水资源现状

水作为一种资源,主要表现在水量、水质和水能三个方面。自然界的水虽然很多,但大部分不能直接用于生活和工业、农业等生产。从保护自然环境和维护生态平衡的角度看,一般不宜动用静态储水,而适宜取用逐年可以得到恢复和更新的动态水,即参加循环的水量,它们包括河川径流、浅层地下水和土壤水。全球陆地上的循环水量平均每年只有119 000 亿  $\text{m}^3$ ,人类各种可用水量只有不超过这个数量,水才能成为取之不尽、用之不竭的自然资源。随着人口的增长、社会经济的发展和人民生活水平的不断提高,水的问题日益为世界各国所重视。

中国多年平均年水资源总量为28 124 亿  $\text{m}^3$ ,其中多年平均年河川径流量为27 115 亿  $\text{m}^3$ ,多年平均年地下水资源量为8 288 亿  $\text{m}^3$ ,居世界第六位。由于中国人口众多,故人均水资源占有量低。目前人均占有水资源量约为2 200  $\text{m}^3$ ,仅为世界平均值的1/4。按国际上现行标准,人均年拥有水资源量在1 000 ~ 2 000  $\text{m}^3$  时会出现缺水现象,少于1 000  $\text{m}^3$  时会出现严重缺水的局面,中国黄河、淮河、海河流域年人均水资源占有量为350 ~ 750  $\text{m}^3$ ,这些地区的用水紧张的状况将长期存在。可见,中国的水资源并不丰富。

中国地域辽阔,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800 mm以上,属于湿润地区,其中台湾东北部最大年降水量达6 569 mm,是中国降水量最多的地区。秦岭、淮河以北年降水量一般小于800 mm,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25 mm,是中国降水量最少的地区。

受季风气候的影响,中国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。中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。中国多数地区的雨季为4个月,南部在3 ~ 6月或4 ~ 7月,此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%。中国最大月降水量比最小月降水量一般都多十几倍甚至几十倍。

降水是中国河川径流最主要的补给来源,所以中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对应关系。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%。

中国水资源的地区分布不均匀,南多北少,东多西少,相差悬殊,与人口、耕地、矿产和经济的分布不相匹配。根据1993年资料统计,北方五片(松辽河、海河、黄河、淮河和内陆河片)人口占全国总人口的46.5%,耕地占全国的65.3%,GDP(国内生产总值)占全国的45.2%,水资源只占全国的19%;南方四片(长江、珠江、东南诸河、西南诸河片)人口占全国的53.5%,耕地占全国的34.7%,GDP占全国的54.8%,而水资源量为全国的81%。北方五片人均水资源占有量为 $1\ 127\ \text{m}^3$ ,仅为南方四片人均占有量的1/3。中国华北和东北南部地区水资源紧缺,供不应求的矛盾非常突出。广大西北地区水资源贫乏,在经济有了较大发展后,水资源将成为制约经济发展的重要因素。

由于中国的水资源并不丰富,因此无论是发展农业、工业,还是进行城市建设规划,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。水资源是国家的财富,属全民所有,不受行政区划和部门的干扰。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,这是兴办水利事业的基本原则。对发电、防洪、灌溉、水运、给水等要统筹规划,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,使国民经济所得到的总效益最大。

## 二、中国的水旱灾害

中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,给开发利用水资源带来了困难,同时又成为水旱灾害频繁发生的根本原因。据史料记载,从公元前206年(西汉初)到1949年的2155年间,中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、豫连续3年大旱,仅受饥饿而死者即达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,灾民达1.2亿人。1840~1949年的100余年间,是中国历史上水旱灾害最严重的一个时期。由于黄河决口夺淮入海,长江与洞庭湖水系遭破坏,水利设施连年失修,一到汛期,洪水肆虐,灾民遍野;一遇大旱,赤地千里,民不聊生。

1933年黄河大水,大堤决口50多处,受灾面积 $1.1\ \text{万}\ \text{km}^2$ ,灾民364万人,死亡1.8万人,经济损失2.3亿银元;1935年黄河大水造成江苏、山东27个县受淹,灾民340万人。长江洪水于1860年和1870年,先后冲开了南岸藕池口和松滋口,使洞庭湖区遭受了毁灭性灾害,冲开了北岸监利以下的堤防,淹没了江汉平原;1931年长江发生了全流域大洪水,平原湖区几乎全部受灾,灾民2800万人,死亡14.5万人,损失13.5亿银元;1935年汉水、澧水发生特大洪水,长江中下游地区6省受灾,受灾面积 $2.9\ \text{万}\ \text{km}^2$ ,灾民1000余万人,死亡14万余人。另外,全国其他江河洪水造成的损失也相当严重。1998年长江中下游地区发生特大洪水,直接经济损失达2000多亿元。

1876~1879年大旱,旱灾覆盖了山西、河北、山东、河南、陕西,并波及江苏、安徽、四川、甘肃等省,在总面积100多万 $\text{km}^2$ 的土地上,树木枯槁,青草绝迹,赤地千里;1920年华北大旱,灾民2000多万人,饿死50多万人;1928年大旱遍及华北、西北、西南13个省,灾民1.2亿人;1942~1943年的大旱灾,仅河南一省就饿死上百万人。在新中国成立后的前40年中,全国每年水旱灾害受灾面积4亿多亩(1亩=1/15 $\text{hm}^2$ ,下同),占耕地面积的近30%,其中每年旱灾面积约3亿亩,水灾面积1亿多亩;受灾面积超过4亿亩的严重旱灾平均每4年发生1次。对农业生产影响最大的连续干旱,如1959~1961年全国多数地区的连续3年干旱,每年受旱面积都在5亿亩以上。1978年全国受旱范围广、持续时间长,受旱面积达6亿亩,成灾面积2.7亿亩,是有史以来的最高值。中国各地都有可能发生旱灾,其中松辽平原、黄淮海平原、黄土高原、四川盆地东部以及云贵高原至广东湛江一带,旱灾次数较多,灾情也比较严重,全国约有70%的受灾面积发生在这些地区。在中国的旱灾中,以黄淮海平原旱灾最为严重,其受旱面积约占全国受旱面积的一半以上。

从以上全国水旱灾害严重、频繁的现状可知,治理江河、防治水旱灾害,对于稳定社会、恢复生产、发展经济都具有非常重要的意义。

新中国成立以来,党和政府对水利事业高度重视,治水方略不断完善。毛泽东同志早在1934年就作出“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。邓小平同志对水利工作非常关心,多次视察黄河、长江,作出过许多重要指示。江泽民同志对水利极为关注,多次亲临水利建设和防汛抗洪第一线,作出过一系列重要指示。1991年江泽民同志指出:“水利是农业的命脉,是国民经济的基础设施,也是国民经济和社会安定的重要保障。大灾之后要大治。大力兴修水利是顺乎民心、合乎民意、造福当代、惠及子孙的伟大事业。”党的十四届五中全会通过的《中共中央关于制定国民经济和社会发展“九五”计划和2010年远景目标的建议》,把水利放在基础设施建设的首位。党的十五届三中全会通过的《中共中央关于农业和农村工作若干重大问题的决定》中指出:“洪涝灾害历来是中华民族的心腹大患,水资源短缺越来越成为我国农业和经济社会发展的制约因素,必须引起全党高度重视。要增强全民族的水患意识,动员全社会力量把兴修水利这件安民兴邦的大事抓紧抓好。”

随着中国社会经济的不断发展,水利作为国民经济和社会发展的重要基础设施,其地位和作用必定越来越突出。

### 三、中国目前水资源供需状况

#### (一) 供水状况

截至2007年底,全国已建成水库85412座,水库总库容6354亿 $\text{m}^3$ 。其中,大型水库493座,总库容4836亿 $\text{m}^3$ ;中型水库3110座,总库容883亿 $\text{m}^3$ 。全国蓄、引、提等水利工程年供水能力达到7441亿 $\text{m}^3$ ,其中蓄水工程、引水工程、泵站工程和机电井工程的供水能力分别占总供水能力的38.5%、34.3%、13.8%和13.4%。为解决区域间水资源分布不均问题,缓解重点缺水地区的水资源供需矛盾,已建成引滦入津、引黄入卫、引黄济青以及苏北引江工程等一批跨流域调水工程。

根据2007年河道外用水资料统计,全国总供水量5 818.7亿 $m^3$ 。其中,地表水源供水量占81.2%,地下水源供水量占18.4%,其他水源供水量(指污水处理回用、集雨工程供水)占0.4%。另外,全国直接利用海水共计332亿 $m^3$ 。全国总用水量达5 818.7亿 $m^3$ ,其中农业用水(含林牧渔用水)占61.9%,工业用水占24.1%,生活用水(含牲畜用水)占12.2%。2007年各水资源一级区供用水量见表1-1。

表1-1 2007年各水资源一级区供用水量 (单位:亿 $m^3$ )

水资源一级区	供水量				用水量				
	地表水	地下水	其他	总供水量	生活	工业	农业	生态	总用水量
全国	4 723.5	1 069.5	25.7	5 818.7	710.4	1 404.1	3 598.5	105.7	5 818.7
南方四区	3 118.7	136.0	11.5	3 266.2	457.4	1 065.5	1 689.8	53.5	3 266.2
北方六区	1 604.8	933.5	14.2	2 552.5	253.0	338.6	1 908.7	52.2	2 552.5
松花江	231.0	169.7	0.0	400.7	31.4	78.7	288.2	2.4	400.7
辽河	88.3	113.6	2.4	204.3	31.2	29.7	140.4	3.1	204.3
海河	128.3	251.0	5.8	385.1	56.3	52.0	269.3	7.5	385.1
黄河	249.1	129.5	2.5	381.1	39.9	61.5	274.5	5.2	381.1
淮河	387.8	164.7	1.9	554.4	78.4	99.6	370.0	6.4	554.4
长江	1 853.4	80.5	5.7	1 939.6	245.8	728.6	932.7	32.4	1 939.6
其中:太湖	389.1	1.5	0.0	390.7	44.0	233.0	93.2	20.5	390.7
东南诸河	327.3	9.6	1.1	338.0	47.1	118.4	163.9	8.7	338.0
珠江	832.6	42.8	4.5	879.9	154.6	210.8	502.4	12.1	879.9
西南诸河	105.4	3.1	0.2	108.7	9.9	7.7	90.8	0.3	108.7
西北诸河	520.3	105.0	1.6	626.9	15.8	17.1	566.4	27.6	626.9

注:1. 资料来源于《2007年中国水资源公报》;

2. 表中数字未包括香港、澳门特别行政区和台湾省的供用水量。

## (二) 用水状况

2007年,全国人均用水量为442 $m^3$ ,万元国内生产总值(当年价格)用水量为229 $m^3$ 。城镇人均生活用水量为221 L/d(含公共用水),农村居民人均生活用水量为71 L/d,农田实灌面积亩均用水量为434 $m^3$ ,万元工业增加值(当年价)用水量为131 $m^3$ 。

## 四、中国水资源的开发、利用与管理

### (一) 中国水资源的开发与利用

中国水资源开发利用历史悠久。从上古时代起,中国劳动人民就致力于水旱灾害的防御,几千年来,建设了大运河、都江堰、灵渠等一批著名的水资源利用工程,且这些工程在抵御水旱灾害方面发挥了重要作用。但是到了19世纪,由于帝国主义列强入侵以及连年战争,近代水利处于停滞状态。直到1930年前后,中国才有一些近代水利工程。但是

由于国民党反动统治及日军侵略,已有的水利设施年久失修、破烂不堪。1949年中华人民共和国成立后,在中国共产党的领导下,全国人民进行了大规模的水利建设,水利事业得到迅速发展,防洪除涝、农田灌溉、城乡供水、水土保持、水产养殖、水力发电、航运等都取得了很大成就。

中国的水资源开发利用发展过程大致可分为如下三个发展阶段。

### 1. 初期阶段

这一阶段的主要特点是:对水资源进行单目标开发,主要是灌溉、航运、防洪等。其决策的依据也常限于某一地区或局部的直接利益,很少进行以整条河流或整个流域为目标的开发利用规划。由于在初期阶段,水资源可利用量远大于社会经济发展对水的需求量,给人们的印象是,水是“取之不尽,用之不竭”的。

这一阶段大致可从有文字记载的大禹治水开始,到新中国成立为止。虽然中国历史上在水资源开发利用中取得不少成就,但到1949年,旧中国遗留下来的水利工程已寥寥无几,即便是留下来的也残缺不全。据统计:当时全国江河堤防和沿海海塘总长只有4.2万km,且残破不堪,防洪标准很低;全国超过1亿 $m^3$ 容积的大型水库只有6座(包括中朝界河上的水丰水电站),容积0.1亿~1.0亿 $m^3$ 的中型水库也只有17座(其中有两座是20世纪50年代续建完成的);灌溉面积1600万 $hm^2$ (2.4亿亩),且保证程度不高。用于防洪的工程设施很少,水电设施更少,水土流失严重,不少土地盐碱化、沙化。

### 2. 第二阶段

这一阶段水资源的开发利用目标由单一目标发展到多目标的综合利用,开始强调水资源统一规划、兴利除害、综合利用。在技术方法方面,通过规划与一定数量的方案比较,来确定流域或区域的开发方式,提出工程措施的实施程序。但水资源开发的侧重点和规划目标以及评价方法,大多以区域经济的需求为前提,以工程或方案的技术经济指标最优为依据,未涉及经济以外的其他方面,如节约用水、水资源保护、生态环境、合理配置等问题。在这一阶段中,由于大规模的水资源开发利用工程的建设,可利用水资源量与社会经济发展的各项用水逐步趋于平衡,或天然水体环境容量与排水的污染负荷逐渐趋于平衡,仅个别地区在枯水年份、枯水期出现供需不平衡的缺水现象。

这一阶段可从新中国成立开始,到20世纪70年代末,中国北方一些地区开始出现缺水现象为计算期。这一阶段中国进行了大规模的水资源开发治理,水资源开发利用程度提高,供水能力增强,农田灌溉面积扩大,为中国经济和社会快速发展提供了保障。据统计,1949年全国总供水量1031亿 $m^3$ ,其中农业供水量1001亿 $m^3$ ,工业和城市供水量仅30亿 $m^3$ ,年人均用水量187 $m^3$ ;1959年全国总供水量达1938亿 $m^3$ ,其中农业供水占94.6%,工业和城市供水占5.4%,年人均用水量316 $m^3$ ;1980年全国总供水量3912亿 $m^3$ ,其中农业供水占88%,工业和城市供水占12%,年人均用水量450 $m^3$ 。在此期间,全国灌溉面积由1949年的2.4亿亩增加到6.7亿亩,解决了4000万人和2100万头牲畜饮水困难;全国水电装机容量由1949年的16万kW发展到2100万kW,其中小水电装机容量为757万kW;内河通航里程由1949年的7.36万km,至1978年时,已发展到13.6万km。

在此期间,中国的水污染防治工作也开始进行,1973年,全国开展了以工业点源为重

点的水污染治理工作,先后在全国建了4万多套工业废污水处理装置。以后又进行了以城市为重点的区域环境综合治理,水污染治理范围从分散的工矿企业点源扩展到几十至几百平方千米的区域治理,且水污染防治工作取得了一定的成效。

### 3. 第三阶段

在这一阶段,水资源开发利用开始强调要与水土资源规划和国民经济生产力布局及产业结构的调整等紧密结合,进行统一的管理和可持续的开发利用。规划目标要求从宏观上统筹考虑社会、经济、环境等各个方面的因素,做到水资源开发、保护和管理的有机结合,使水资源与人口、经济、环境协调发展,通过合理开发、区域调配、节约利用、有效保护,实现水资源总供给与总需求的基本平衡。

这一阶段从20世纪70年代末、80年代初开始直到现在。在此阶段,由于人口的迅速增长和经济的快速发展,对水资源的需求量越来越大,或者因水污染的影响,表现出较为普遍的缺水现象,尤其在华北地区和部分沿海城市,随着人口的增加和经济的发展,水资源紧缺现象日趋严重,并出现愈来愈严重的水环境问题,如水污染、地下水超采、海水入侵等。这一阶段中,水的问题日益引起人们的广泛关注,水的资源意识、水的有限性认识为大家所接受。为解决以城市为重点的严重缺水问题,重点兴建了一批供水骨干工程,开展了全民节水工作,使一些城市水资源供需矛盾有所缓解。

在此期间,中国的水污染防治工作得到了相应的发展。特别是通过淮河、太湖等严重污染的教训,在水污染治理工作中认识到,水污染的防治工作必须兼顾上下游、左右岸、干支流,要以流域为单元进行综合防治,贯彻“节污水之流(减少污染负荷),开清水之源(增加河流的稀释自净能力)”的治理污染的原则。在管理上采取流域与区域相结合,团结治水,共同治污。同时充分利用水利工程设施,合理调度水,提高水体的自净能力。从1976年起,我国逐步成立了以流域为单元的流域水资源保护机构,并制定了流域水污染防治条例和有关法规。在综合治理水污染方面,遵循“谁造成污染,谁承担责任”的原则,并把水污染综合防治作为流域总体开发规划的组成部分,纳入社会经济发展规划。重点保护饮用水水源,改善水质,实行计划用水、节约用水的方针。根据河流、湖泊、水库的不同功能要求和水质标准,制定流域水资源保护规划并组织实施。同时积极发展生态农业,防治水土流失,控制面源污染,改善生态环境。

## (二) 中国水资源管理

中国水资源管理工作从20世纪80年代以来逐步加强,水资源管理体系现已初步建立,主要表现在以下几点。

### 1. 初步建立了水资源管理的法规体系

水资源的法规体系包括《中华人民共和国水法》(以下简称《水法》)等有关水资源开发、利用、管理、保护的法律和法规。1988年经全国人大常委会审议通过,正式颁布了《中华人民共和国水法》。《水法》是总结中国几十年的经验、教训,为加强水资源开发、利用、保护、管理而制定的一部水的基本大法,是水资源管理的基本准则,是水资源科学管理方案得以实施的保证。《水法》的颁布与实施,标志着中国水资源管理步入了法制化的轨道。《中华人民共和国水法》在2002年8月29日由中华人民共和国第九届全国人民代表大会常务委员会第二十九次会议修订通过。

在《水法》颁布的前后,我国于1979年颁布了《中华人民共和国环境保护法(试行)》,1984年颁布了《中华人民共和国水污染防治法》及其实施细则,还制定了水环境基础标准、质量标准、排放标准、方法标准,这些都有力地推动了中国水污染防治工作的开展。

我国1991年6月29日第七届全国人民代表大会常务委员会第二十次会议通过了《中华人民共和国水土保持法》。1997年颁布了《中华人民共和国防洪法》。

## 2. 建立了水行政管理机构与体系

1988年3月,国家撤销水利电力部,重新组建水利部作为国务院的水行政主管部门,负责全国水资源统一管理工作。依据《水法》规定和水利部的职责,水利部又明确了七大流域机构作为水利部的派出机构,在流域范围内代表水利部行使水行政管理职能。各省(区、市)人民政府也相继明确了省水利部门为各省级政府的水行政主管部门,市、县两级的水资源管理机构也相继成立,从而使全国水行政管理体系基本建立。

依据《水法》规定和水行政管理部门的职责,1989年确定了各级水行政主管部门水资源统一管理目标,即:统一管理地表水、地下水水量与水质,江河湖库水域与岸线;统一进行水的立法、调查评价、规划、水量调配,制定水的长期供求计划,实施取水许可制度以及其他重要的水行政管理工作;依法促进水资源的综合开发利用,并对开发利用和保护实行统一的监察管理;组织地区间、行业间水事活动,协调水事纠纷;节约用水的监督管理;推进流域管理与区域管理相结合的制度。同时,面向社会各用水行业,实行全面服务。

我国最早的水务管理体制从深圳开始。在城市发展的实践和连续发生的旱涝灾害中,深圳市政府首先认识到水资源分割管理的弊端和水务统一管理的重要性,借鉴香港地区水务管理的经验,于1993年7月组建了深圳水务局,对城乡涉水事务进行统一管理,收到了明显成效。改革开放以来,作为基础性的自然资源和战略性的经济资源,水资源越来越成为经济社会发展的主要制约因素,水资源分割管理的体制越来越不适应生产力发展的要求。1998年中央政府机构改革后,积极倡导并推动了以城乡水务统一管理为重点的水资源管理体制的改革。

## 3. 开展了水资源评价和水中长期供求计划工作

1980年由水利部牵头组织完成的“中国第一次水资源评价”及“中国水资源利用”,第一次查明了全国水资源的数量、质量与时空变化规律,同时把地面水、地下水作为一个统一的水资源来分析,避免以往重复估算造成的失误。水资源评价工作使人们的观念有了转变,对水有了数量的概念,明确水是一个有限的不可替代的重要资源。

1989年开展了北方缺水的7省(市)水中长期供求计划工作,为在全国范围内开展水中长期供求计划工作做了前期准备。1997年完成的“全国水中长期供求计划”工作,以全社会和国民经济发展的宏观指标为依据,调查统计了1993年全国各省(区、市)和各流域水资源开发利用的实际状况,分析预测了2000年和2010年社会经济各部门的需水要求,今后可能出现的不同供需水情况和缺水状况,系统地考虑了缺水对整个社会和经济的的影响以及供水工程建设的资金来源,分析研究了中国供水工程发展战略布局,为国家制定国民经济和社会发展规划,各流域和各省(区、市)确定其水利发展规划与规划提供了依据。

## 4. 进行水资源宏观分配,制定了部分流域分水方案

1983年沿黄9省(区)和北京市、天津市,根据各自省(区、市)国民经济发展战略规

划的要求,向黄河水利委员会提出了到2000年工农业需水747亿 $m^3$ 的要求。而黄河多年平均年河川径流量仅为580亿 $m^3$ ,扣除冲沙入海水量,年最大可利用水资源量仅370亿 $m^3$ 。经反复协商,综合平衡,于1987年提出了分配方案。1987年国务院办公厅转发的国家计委和水电部《关于黄河可供水量分配方案报告的通知》,是中国首次由中央政府批准的黄河可供水量分配方案。1998年进一步完善黄河可供水量分配方案,区分丰、平、枯水平年来水情况下各省(区、市)的分配水量,同时编制不同保证率内各时段的水量分配控制指标,并要求各省(区、市)在此基础上制定工农业发展规模。1989年国务院批准了海河流域漳河分水方案,1998年批准了黑河干流(含黎园河)水量分配方案等。

由于我国南方水资源丰富,北方水资源贫乏,南水北调成为国内大范围水量调配的必然手段。南水北调通过东、中、西三条调水线路,将长江、淮河、黄河及海河有机联系起来,形成中国水资源南北调配、东西互济的格局。南水北调工程将在较大程度上突破制约我国北方国土资源利用、经济社会发展及生态环境保护的瓶颈,整体提升我国北方水土资源的承载能力,对支撑我国经济社会可持续发展具有基础意义。

#### 5. 实施取水许可制度

取水许可制度是国家加强对水资源管理的一项重要措施,也是水资源管理的一项基本制度。其基本原则是,凡利用水利工程或者机械提水设施直接从江河、湖泊或者地下取水的一切单位和个人,都应当按照国务院颁发的《取水许可制度实施办法》和水利部颁发的《取水许可申请审批程序规定》,获得取水许可证方能取水。

1990年水利部开始组织实施取水许可制度基础工作,要求查清各地水资源开发利用的现状,并对其合理性进行评价,为实施取水许可制度奠定了基础;1993年国务院颁布《取水许可制度实施办法》后,水利部发布了《取水许可申请审批程序规定》及授予各流域机构取水许可管理权限的通知等,全国各流域机构和各省(区、市)分别制定了取水许可的管理细则,并在全国范围内开展了取水登记、发证工作,使取水许可管理工作步入轨道。

取水许可制度的推行,明确提出“水权”、“水使用权”,使水资源合理分配、有效利用有了可操作的行政措施,有效制止了不合理引用,促进了高效用水。

自1996年起,水利部组织开展了以取水许可年审、计划用水、节约用水为基本内容的取水许可监督管理工作,加大了对取水全过程监督管理力度,进一步规范了取水户的取用水行为。截止到2007年底,全国取水许可证保有量58万套,共批准许可水量35459亿 $m^3$ 。

#### 6. 实行水资源有偿使用制度

为了促进水资源的合理利用和节约利用,从1982年开始,我国首先在大中城市实施水资源有偿使用制度,对直接从城市地下取水的用户征收水资源费。到目前为止,全国已有24个省(区、市)制定并颁布了水资源费征收管理办法,已有2000个市县开始征收水资源费,2007年全国征收水资源费已超过55亿元。水资源费的征收,对维护水资源国有资产、促进资源合理配置和节约用水发挥了良好作用,并为建立全国统一的水资源有偿使用制度奠定了基础。

#### 7. 建立全国用水统计与公报制度

自1995年开始,水利部试行北方17省(区、市)水资源公报及部分省开展的用水统

计年报制度,对水资源的有效利用及资源合理配置起到了促进作用。1998年水利部决定在全国各省(区、市)开展水资源公报编制工作,按年度发布省级和全国的水资源公报。该项工作是水资源统一规划、管理和保护的基础工作,是编制水供求计划和国民经济及社会发展规划的重要依据。

#### 8. 加强水资源保护,形成了具有中国特色的水环境评价制度

中国的水污染防治工作从抓污染源调查、监测开始,逐步开展了主要江河的水质评价工作、稀释自净规律的研究、污染源和水质污染预测,到综合防治规划与管理,基本形成了具有中国特色的水环境评价制度。

从20世纪70年代开始,全国已进行了两次水资源质量评价,完成了全国七大江河排污量调查统计,对全国污染严重的水体分别进行了综合防治规划并逐步实施,全国七大流域机构都已结合流域规划的修正补充进行了水资源保护规划,流域水污染保护条例正在加紧起草。在环境影响评价和环境保护方面,对单项工程的环境影响评价已由叙述分析发展到采用数学模型进行定量化计算,由单项工程对环境的影响评价延伸到流域治理工程群对环境的影响评价,并将工程建设对环境的影响评价工作纳入基本建设程序,使之具有了法律的强制性。以上工作为工程项目布局、建设和管理提供了环境保护所必须的参考数据。

### 第三节 水能资源概况

水能资源是河川径流所具有的天然资源,是能源的重要组成部分。水力发电就是利用河流中蕴藏的水能来生产电能。中国的水能资源非常丰富,水能资源总量位居世界首位。

#### 一、水力发电的特点

##### (一) 水力发电的优越性

水力发电是利用江河中水流的流量和落差来发电的,最常用的方法是在河流上建筑拦河坝,将分散在河段上的水能资源集中起来,然后靠引水管道引取具有压力能的水流去驱动设在厂房中的水轮发电机组,在机组的转动过程中,将水能转变为电能。水力发电具有很多优越性:

(1) 不耗燃料,成本低廉。建设水电站除修建发电厂房和安装发电设备以外,还要修建挡水、引水、泄洪等水工建筑物。水电站建成投产以后不需要消耗燃料,运行和维修费用很低,工程使用寿命很长,总的劳动生产率较高,且不需要运输发电所用的材料,所以发电成本比火电、核电低得多。

(2) 水火互济,调峰灵活。电力用户的用电量时刻都在变化,因此电网中的日负荷有高峰也有低谷,日平均负荷线以上的负荷为峰荷,低谷线以下的负荷为基荷,介于二者之间的为腰荷。火电站、核电站从开机到正常运行通常需要几个小时,宜于担负基荷运行;而水电站启动灵活,1~2 min就能从停机状态达到满负荷运行、并网供电,便于调整出力,在与火电联网运行中是担负峰荷与腰荷的可靠电源。联入电网的水电站则利用调度灵



活,宜于担任调峰、调频,事故备用等优点,与火电站配合运行,互相补充。

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

(4)水能资源取之不尽,用之不竭。煤、石油、天然气、铀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,但大规模地开发利用的技术不如水力发电成熟,并且成本很高,发电不稳定,因此目前还不能大量利用。

(5)电站环境优美,能源洁净。水电站多建在僻静的山谷之中,远离城市、厂矿。大坝上游形成的水库,碧波荡漾,水体清洁,没有环境污染,空气清新,环境幽静,湖光山色,可以成为风景游览区。

## (二)水力发电的不利因素

水电开发受自然条件的制约,存在以下不利因素:

(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,难以充分开发和利用。大部分水电站至负荷中心或与电网连接点距离遥远,需要修建昂贵的输变电工程。

(2)水电站的出力随河水流量的变化而变化,中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也随之发生变化。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。水电建设需要进行充分的前期工作,建设资金较多,建设周期较长。

(3)水力发电工程建设对生态环境有着不可忽视的影响。主要包括移民问题,对泥沙和河道的影响,对气候、水文、地质、土壤、水体、鱼类和生物物种的影响,以及对文物景观、人群健康的影响等。例如,水库修建后改变了下游河道的流量过程,往往会使得下游河道水位大幅度下降甚至断流,并引起周围地下水位下降,从而带来一系列的环境生态问题。

## 二、中国的水能资源

### (一)丰富的水能资源

中国幅员辽阔,江河纵横,湖泊众多,水能蕴藏量极为丰富。我国水能资源理论蕴藏量折合年发电量61 900亿 kWh。经济可开发年发电量约17 600亿 kWh,相当于世界水资源量的12%,列世界首位。

中国不仅有得天独厚的大江大河水能资源,而且还具有丰富的小水电资源和潮汐水能资源。据统计,全国小水电资源理论蕴藏量为1.57亿 kW,相当于年发电量13 700亿 kWh。其中,可开发的小水电资源为0.7亿 kW,相当于年发电量2 500亿 kWh。中国小水电资源,不仅蕴藏量大,而且分布面广,全国2 300多个县中,有1 104个县的小水电可开发资源超过1万 kW,并且这些小水电资源多集中于国家电网供电范围以外的地方,开发条件非常有利。

中国大陆海岸线,北起辽宁的鸭绿江口,南至广西的北仑河口,全长约18 000 km,分属辽宁、河北、天津、山东、江苏、上海、浙江、福建、广东、广西等省(区、市),可开发的潮汐水能资源约2 100万 kW,年发电量580亿 kWh。