



普通高等教育“十一五”国家级规划教材
PUTONG GAODENG JIAOYU SHIYIWU GUOJIAJI GUIHUA JIAOCAI

Thermal Energy & Power

SHUILI SHUIDIAN GONGCHENG
GAILUN

水利水电工程 概论

(第三版)

田士豪 周伟 编著



中国电力出版社

<http://jc.cepp.com.cn>



普通高等教育“十一五”国家级规划教材
PUTONG GAODENG JIAOYU SHIYIWU GUOJIAJI GUIHUA JIAOCAI

SHUILI SHUIDIAN GONGCHENG
GAILUN

水利水电工程 概论

(第三版)

编著 田士豪 周 伟
主审 邴凤山 常晓林



中国电力出版社

<http://jc.cepp.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。

全书共分八章。主要内容包括：绪论，水利水电基本知识，水利水电枢纽，挡水建筑物和泄水建筑物，取水、输水和平水建筑物，水电站厂房建筑物，过坝建筑物，水利水电工程建设和施工。

本书可作为高等学校非水利水电类本科教材，可作为从事水利水电工程管理人员的参考书。

图书在版编目 (CIP) 数据

水利水电工程概论/田士豪, 周伟编著. —3 版. —北京: 中国电力出版社, 2010

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

ISBN 978 - 7 - 5083 - 9801 - 3

I. ①水… II. ①田… ②周… III. ①水利工程—高等学校—教材②水力发电工程—高等学校—教材 IV. ①TV

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 217345 号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路 6 号 100044 <http://jc.cepp.com.cn>)

北京市同江印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2004 年 3 月第一版

2010 年 2 月第三版 2010 年 2 月北京第六次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 15 印张 361 千字

定价 24.00 元

敬告读者

本书封面贴有防伪标签，加热后中心图案消失
本书如有印装质量问题，我社发行部负责退换

版权专有 翻印必究

前 言

水利水电事业正处于蓬勃发展时期。到 2008 年底，我国大陆水电装机容量超过 1.7 亿 kW。此次再版，尽可能地补充最新工程进展。再版教材仍保持可读性原则，使学生能够较好地理解专业术语的内涵。考虑到教材的使用者是本科生，教材在必要的地方出现了许多计算公式，这并不意味着需要学生会计算。公式反映规律，可以帮助学生深入了解内容。从教学实践来看，对于理解这些公式存在一定困难的学生，学习时可以跳过这些公式，不会影响到本课程的学习。

第三版将全书改编为八章，包括：绪论，水利水电基本知识，水利水电枢纽，挡水建筑物和泄水建筑物，取水、输水和平水建筑物，水电站厂房建筑物，过坝建筑物，水利水电工程建设和施工。具体修改情况如下：第一章——增加水力发电对环境的影响与环境保护方面的内容及中国水电建设的最新发展；第二章——基本结构和内容不变；第三章——标题改为“水利水电枢纽”，将原第六章的“水电站的组成和类型”移到本章；第四章——基本结构和内容不变；第五章——将原第六章的“压力管道”和“平水建筑物”移到本章；标题改为取水、输水和平水建筑物；第六章——标题改为“水电站厂房建筑物”，将“水电站的组成和类型”移到第三章，将“压力管道”和“平水建筑物”移到第五章；第七章——基本结构和内容不变；第八章——增加施工机械与机械化一节。删除第九章。

本书第一、二、三、四、六、七章由田土豪编写和第五、八章由田土豪和周伟合编。全书由田土豪统稿。

本书在编写过程中得到了武汉大学的资助，以及同业人员的热情支持和帮助，在此谨表示感谢。《水利水电工程概论》自出版以来，得到读者的厚爱，在此一并表示感谢。

由于编者水平有限，希望使用本教材的教师和学生对其中不妥之处提出批评和指正。联系邮箱：shtian@whu.edu.cn。

编 者

2009 年 12 月

第三版前言

为贯彻落实教育部《关于进一步加强高等学校本科教学工作的若干意见》和《教育部关于以就业为导向深化高等职业教育改革的若干意见》的精神，加强教材建设，确保教材质量，中国电力教育协会组织制订了普通高等教育“十一五”教材规划。该规划强调适应不同层次，不同类型院校，满足学科发展和人才培养的需求，坚持专业基础课教材与教学急需的专业教材并重、新编与修订相结合。本书为修订教材。

自本书出版以来，不断传来新的水利水电工程建成或开工的消息。目前，我国水电装机容量已经超过1亿kW，水电事业加速发展。本次修订版，作者保持了第一版的整体结构，并竭力将最新的工程资料补充更新到教材中，让学生们对水电事业有及时的了解。

本书第一版由武汉大学田土豪和三峡大学陈新元共同编写，此次修订由田土豪完成。

感谢读者对本书的厚爱。教材的写作和修改是个艰巨的工作。尽管编者进行了不懈的努力，教材中仍难免有不妥之处。恳请广大读者及时批评指正，或对其中某些内容进行探讨。联系邮箱：shtian@whu.edu.cn。

在此再版之际，对帮助过本书出版工作的人在此一并表示感谢。

编者

2006年6月

目 录

前言	
第二版前言	
第一章 绪论	1
第一节 水资源及水能资源	1
第二节 水利事业	9
第三节 我国的水利水电建设发展	12
第四节 本课程的特点及相关知识	19
第二章 水利水电基本知识	20
第一节 水文学及水力学	20
第二节 水利水电规划	28
第三节 工程地质	39
第三章 水利水电枢纽	45
第一节 水利枢纽	45
第二节 水利水电枢纽的组成和类型	46
第三节 水工建筑物	51
第四节 枢纽布置	53
第四章 挡水建筑物和泄水建筑物	64
第一节 重力坝	64
第二节 拱坝	92
第三节 支墩坝	101
第四节 土石坝	103
第五节 水闸	120
第六节 河岸溢洪道	139
第七节 水工隧洞	144
第五章 取水、输水和平水建筑物	155
第一节 取水建筑物	155
第二节 输水建筑物	158
第三节 平水建筑物	165
第六章 水电站厂房建筑物	171
第一节 水电站厂房及其设备	171
第二节 厂房有特点的水电站	177
第三节 其他形式的水电站	181
第七章 过坝建筑物	183
第一节 通航建筑物	183

第二节	过鱼建筑物·····	192
第三节	过木建筑物·····	195
第八章	水利水电工程建设和施工 ·····	197
第一节	水利水电工程的建设程序·····	197
第二节	水利水电工程施工中的水流控制·····	203
第三节	施工总组织·····	214
第四节	施工机械与机械化·····	224
参考文献	·····	230

第一章 绪 论

第一节 水资源及水能资源

一、什么是水资源

地球上（地表、地下和空气中）用于满足人类生活和生产需要的水源统称为水资源。地球上的水资源包括：海洋、湖泊、河流、泉水、地下水、积雪、冰川、土壤水、大气中的水蒸气等。水是人类及一切生物赖以生存的 necessary 物质，是任何其他物质不可替代的自然资源。

广义上的水资源，是指地球上能够直接或间接使用的各种水及水中的物质，包括地球上的全部水体。地球上水体总储量达 13.86 亿 km^3 。其中海洋水占 96.54% ，由于这部分巨大的水量是属于高含盐量的咸水体，除了用于航运外，目前还很难直接作为居民生活用水或工农业生产用水。

陆地上的淡水量约 0.35 亿 km^3 ，目前便于人类利用的水只有 0.1065 亿 km^3 ，主要分布于湖泊、河流、大气、土壤以及地下含水层中。狭义的水资源就是指这部分能够被人类利用的水。在当前的科学技术水平下，其“可利用的”水资源数量相对而言还是极为有限的。随着科学技术的发展，“可利用的”水资源的范围将逐步扩大，“可利用的”水资源的数量也将逐渐增加。同时，人类在使用水资源的过程中，过度开发和水质污染又使这部分“可利用的”水资源日渐贫乏。

在本课程中，水资源主要是指在地球上能够满足人类需求的“可利用的”水及其属性，即狭义上的水资源。

二、水资源的特性

地球上的水资源具有如下显著的特性。

(1) 资源的循环性。依靠强大的太阳能，水在自然界中周而复始地循环，形成水资源的循环。太阳照射在地球上，给地球上提供了巨大的光和热。太阳的热能将地球表面上的水从海洋、湖泊、湿地、雪地、植被等处源源不断地蒸发到天空。水蒸气随着大气环流漂移到地球的其他地方。通过降雨、降雪等方式，水降落到地表，又在重力的作用下重新流回到海洋、湖泊、湿地和土壤中。如此这般，年复一年。

(2) 储量的有限性。在当前的情况下，地球上的绝对水量足以满足全人类的使用量。但是，地球上的绝大多数水存储在海洋中。海洋中的水目前尚难以为人类直接使用。有限的淡水资源，加之水污染，在某些国家和地区已出现水资源严重不足。

(3) 分布的不均匀性。受经纬度、气候、四季、地表高程等因素的影响，水资源在地球上分布极为不均匀。水资源的分布不均匀性包括空间和时间两方面，如热带雨林和沙漠，平原与山地，两极与赤道，海洋和内陆等；冬季和夏季，雨季和旱季，枯水年和丰水年等。水能资源的分布受降雨、地势的影响同样是不均匀的。

(4) 利用的多样性。人类对水资源的需求是多种多样的。有的用水部门需要消耗水量，如灌溉，工农业供水等。有的用水部门能够重复地利用水体而不消耗水量，如发电、航运等。人类对水资源的利用既有同一性，也有多样性。这也给人类综合利用提供了广阔的

空间。

(5) 利、害的双重性。水能载舟，也能覆舟。水给人类提供必需的水资源的同时，也会给人类带来暴雨、洪水、干旱。

三、我国现有的水资源状况

我国现有的水资源状况有以下特点。

(一) 水资源总量丰富

我国的水资源从绝对数量上而言是相当丰富的，各种水资源数量如下所述。

河流：总长度 40 多万 km。流域面积在 100km^2 以上的河流有 5000 余条，其中流域面积在 1000km^2 以上的河流有 1600 多条。在这几万条河流中，河长在 1000km 以上的有 20 条。主要的大江大河有长江、黄河、珠江、雅鲁藏布江、淮河、海河、辽河、怒江等。长江是中国第一大河，全长 6380km，为世界第三大河。黄河是中国第二大河，全长 5464km。图 1-1 和表 1-1 所示为我国主要河流的径流特征和分布情况。

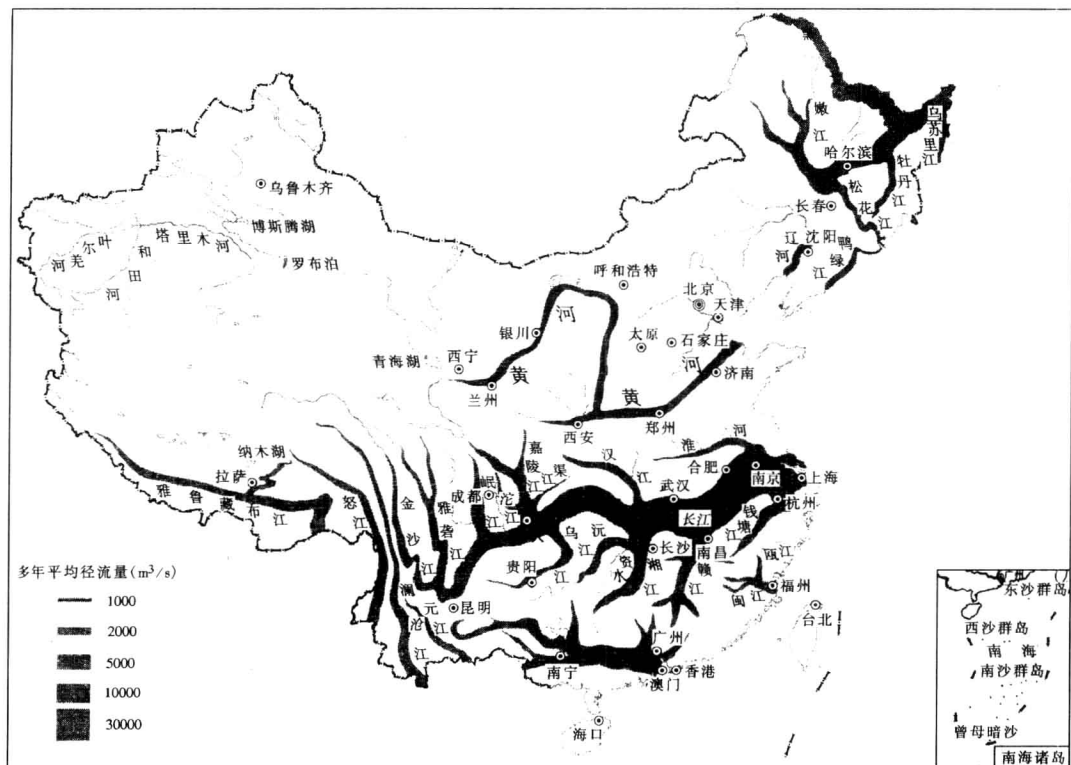


图 1-1 我国主要河流多年平均径流量分布图

湖泊：总面积约 $71\,787\text{km}^2$ 。天然湖泊面积在 1km^2 以上的有 2300 多个（不包括时令湖），面积在 100km^2 以上的有 130 多个。全国湖泊储水总量约 7088 亿 m^3 ，其中淡水储量 2260 亿 m^3 ，约占 32%。

大小冰川面积约 $57\,070\text{km}^2$ 。

我国多年平均年降水总量 61 889 亿 m^3 ，多年平均降雨量 648mm。多年河川径流总量约 27 115 亿 m^3 ，居世界第六位。地下水资源量为 8288 亿 m^3 ，扣除重复水量后，全国水资源总量为 28 124 亿 m^3 。

表 1-1 中国主要河流的径流特征值^[7]

按径流总量排序	江河流域名称	注入海(湖)域	流域面积 (km ²)	年平均流量 (m ³ /s)	年径流总量 (亿 m ³)	径流深度 (mm)
1	长江	东海	1 808 500	30 933	9755	539
2	珠江	南海	453 690	10 654	3360	741
3	黑龙江	鄂霍次克海	1 620 170	8600	2709	167
4	雅鲁藏布江	孟加拉湾	240 480	5245	1654	688
5	澜沧江	南海	167 468	2410	760	454
6	怒江	孟加拉湾	137 818	2229	703	510
7	闽江	台湾海峡	60 992	1995	629	1031
8	淮河	黄海	269 283	1937	611	227
9	黄河	渤海	752 443	1785	563	75
10	钱塘江	东海	42 156	1154	364	863

注 各特征值均为在中国境内或计算至国界处的数值。

(二) 水资源均量相对不足

我国的水资源总量是丰富的。但是,由于我国人口众多,按人均和亩均计算,水资源相对贫乏。我国的人均年水量不足 2200m³,约为世界人均年水量(10 930m³/人)的五分之一;人均占有的河川年径流量约为 2100m³,相当于世界人均占有量的四分之一。亩均年水量 1771m³,约为世界亩均年水量的四分之三。特别是在我国北方一些地区,水资源人均和亩均占有量更低。

(三) 时空分布不均

我国大部分地区处于季风气候区域,河流主要是靠降雨补给。因此,一个地区的水资源条件优劣与降水量的多少密切相关。受到热带、太平洋低纬度上温暖而潮湿气团的影响,以及西南的印度洋和东北的鄂霍茨克海的水蒸气的影响,我国的降水量一般是从东南到西北递减。台湾山区和雅鲁藏布江河湾南部的年降雨量高达 2500~4000mm。海南和华南、西南局部山区年降水量为 2000~2500mm。长江以南沿海各省的年降水量在 1500~2000mm 范围内。淮河、秦岭以南的年降水量大于 1000mm。华北、东北大多数地区的年降水量在 400~800mm 之间。西北大多数地区的年降雨量少于 400mm,局部地区(塔里木盆地、甘肃北部、青海西部)年降雨量甚至小于 50mm。其中吐鲁番盆地的托克逊,年平均降雨量仅 5.9mm。新疆天山及阿尔泰山地区受北冰洋气流影响,降水较多。

我国东南、西南及东北地区有充足的降水量。其中,占全国总面积 13%的东南、中南地区,其水资源总量占全国的 38%;而占全国总面积 60%的北方地区,水资源总量仅占全国水资源总量的 21%。特别是西北地区,受秦岭的阻隔,降雨量明显偏少,水资源严重匮乏。

我国的地下水资源同样具有南方丰富、北方贫乏的特征。

受到季风的影响,我国的降水在时间上也分布不均。这既表现为年内分布不均,也表现为年际分布不均。图 1-2 所示为 1997~2007 年中国全国年平均降水量变化情况。其中 1997 年为 613mm,1998 年为 713mm。两年相邻,降雨量竟相差 100mm,增幅变化达 16.3%。

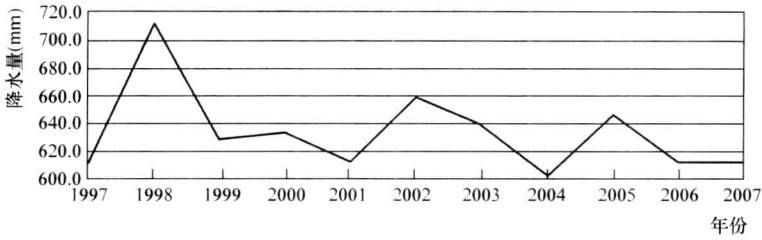


图 1-2 1997~2007 年全国年平均降水量变化图

在一年之中,夏季降水量明显大于冬季,称为汛期。汛期降雨量往往是旱季的几倍。如湖北地区 1991 年遭遇水灾,仅武汉地区就曾出现三天的降雨量大于 800mm 的情况。而 1992 年湖北地区又遇严重旱灾。1975 年 8 月河南林庄三天降雨量达 1631.1mm,相当于该地区多年平均年降雨量的两倍。

(四) 水土流失及水质污染情况不容忽视

我国的森林覆盖率只有 12.5%,居世界第 120 位。目前中国水土流失面积 256 万 km^2 , 占国土面积的 37%,每年流失的土壤总量达 50 亿 t。特别是我国西北地区,由于植被条件极度恶化,使黄河成为世界上罕见的多沙河流。根据河南陕县水文站资料,黄河多年平均含沙量高达 $37.7\text{kg}/\text{m}^3$,是长江大通站的 65 倍、闽江竹歧站的 279 倍。黄河年均含沙和年输沙量均居世界大河的首位。

人类和其他动物一样,在利用水资源的同时,也在污染着水资源。所以,我们的祖先很早的时候就划分河流的使用区域,如上游为饮用水区域,下游为洗衣和饮马区域。在劳动力低下的古代,人口稀少,水域广阔,大自然能够在水循环中自行净化水质。“流水不腐”,水的自净化能力在相当长的时期里维持着我们赖以生存的环境。随着人口增多和现代工农业废弃水排放量的增多,水质污染已经超过了自然水净化能力,水质污染情况已经不容忽视。我国 1994 年对全国地表水进行的水质监测表明,除了上述的长江、黄河、淮河外,我国其他大部分江河水体均受到不同程度的污染,如珠江、松花江、海河等。1994 年 7 月 15~20 日,淮河干流鲁台子段至蚌埠闸段发生污染事故,给淮南、蚌埠、淮阴、连云港市区、盐城等地数十万居民生活用水带来严重影响,甚至发展到市民购买瓶装纯净水做饭的地步,是水资源受到破坏的典型实例。2007 年国家环境保护部发布的中国环境状况公报显示,197 条河流 407 个河流断面中,一至三类水质占 49.9%,四、五类为 26.5%,劣五类为 23.6%。七大水系总体水质比前一年好转,但低于三类的情况仍占半数之多。这说明现阶段我国水污染的问题仍不容忽视。

四、水资源的利用和保护

水资源是人类不可或缺的资源。要使国民经济可持续发展,对水资源利用的同时,必须对其加以保护。在经济高度发展的今天,水资源越来越成为制约经济发展的重要因素。不得不承认,在相当长一段时期内,人们没有认识到这一点。例如,低廉的水价使得人们不注意节约用水,过量抽取河水和开采地下水,向江河排放超过其自净化能力的污水,砍伐森林和围湖造田等。这一切都曾经使我们受到大自然的报复。当前摆在我们面前的任务是:正视现实,节约使用,合理调配,保护和爱惜水资源,减少水质污染。但是,水资源的合理利用和保护是一项任重而道远的工作,需要各级政府的不懈努力和全民环保意识的不断增强。

1988 年 1 月 21 日全国人民代表大会通过了中华人民共和国第一部水法。这使得依法治

水用水得以实现。1992年8月29日,第九届全国人大常委会第29次会议通过了《中华人民共和国水法》修正案。新水法以建立节水防污、实现水资源的可持续利用、保障经济社会发展为目标,以提高水的利用率为核心,将水资源的节约、保护、合理配置放在了突出的位置,努力促进资源与社会经济、生态环境协调发展。

(一) 水资源短缺和用水许可

水在自然界的循环过程是无限的、周而复始,能够源源不断地补给。在经济不发达时期,自然存在的水资源完全能够满足人们的用水,水资源是取之不尽、用之不竭的自然资源。随着流域内的经济发展和人口增多,水资源的有限性逐渐显现出来。从水量循环来看,某一地区某一期间内的水量补给量是有限的。如果水的消耗量超过循环补给量,就会破坏水量平衡。当发生地区水量短缺时,破坏的不仅仅是水量平衡,还次生出生态破坏、水土流失、地下水位下降,土地盐碱化等一系列问题。

早在20世纪60年代,塔里木河两岸人口激增,几十年间塔里木河流域修建水库130多座,任意掘堤修引水口138处,建抽水泵站400多处,致使塔里木河由60年代的1321km萎缩到1000km。断了水的罗布泊湖很快变成一个死湖、干湖。到20世纪70年代,罗布泊湖完全消失。

黄河是中华文明的母亲河。但是,随着黄河两岸的人口增长,黄河已经不堪重负。前些年,黄河经常发生断流。从1972年至1998年的17年间,黄河利津水文站有21年出现断流现象,累计断流1050d,在断流年份,平均断流长度321km。最严重的1997年,利津站断流226d,断流长度704km。曾经有某些专家甚至预言,如果不对当前这种情况加以遏制和改善,到21世纪黄河将成为内陆河。这里面存在着对水资源的认识问题。以往,人们总以为黄河的水资源是无限的。沿岸各省在用水方面的工程设计中,是“以需定供”。也就是说,我这个城市和地区需要多少水,取水能力就设计多大。上游沿岸的无限制取水导致了黄河在出海口处断流。

随着黄河断流,黄河沿岸的生态环境也受到破坏。如何合理地利用黄河水资源,是我们必须面对的重大问题。人们现在认识到,黄河的水资源是有限的,只能“以供定需”才是正确的。由于各个用水部门对水资源的需求量和需求方式不同,有一致性,也有分歧性。这不仅需要政府部门统一合理的规划调配,更需要增强全民水法意识,合理利用和开发水资源,保护水资源,节约水资源。2006年7月5日国务院第142次常务会议通过、2006年8月1日起正式实施的《黄河水量调度条例》,是我国关于黄河治理开发的第一部行政法规,是第一部关于大江大河流域水量调度管理的立法,在治黄历史上具有里程碑意义。《黄河水量调度条例》明确规定了国务院、国务院水行政主管部门、国务院发展改革主管部门、黄河水利委员会及其所属管理机构、沿黄九省(区)及河北省和天津市的地方人民政府和水行政主管部门、水库主管部门或者单位等主体的权利、义务和责任。这部流域水量调度管理行政法规将行之有效地使调度管理措施法律化、制度化,对其他流域也有其指导意义。近年来,政府加强了统筹安排,使黄河断流的现象已逐渐消除。1993年8月1日国务院根据《水法》制定的《取水许可制度实施办法》,规范了从江河、湖泊或者地下取水的许可证制度,加强了水资源管理,节约用水,促进水资源合理开发利用。2006年4月15日,新的《取水许可和水资源费征收管理条例》取代《取水许可制度实施办法》,进一步强化了对水资源的管理,还将水资源纳入经济管理。

(二) 地下水资源的利用和保护

水资源不仅包括地表水,也包括地下水。目前,我国北方地下淡水可采资源量为每年 1536 亿 m^3 ,南方地下水可采资源量为每年 1991 亿 m^3 ,均不到 2000 亿 m^3 。

新中国成立后,我国地下水资源开发利用迅速增加,20 世纪 50 年代只有零星开采,自 70 年代后开采速度明显加快。据中国地质调查局统计,20 世纪 70 年代,我国地下水年均开采量为 572 亿 m^3 ;80 年代,增加到 748 亿 m^3 ;到 20 世纪末的 1999 年已达 1058 亿 m^3 ;近年来,这个数字一直在每年 1000 亿 m^3 以上。相对于逐年增长的地下水开采量,我国地下水资源却十分有限。

由于超采地下水,北方地区普遍造成地下水位下降,地表下陷。截止到 2004 年,河北省东部平原深层地下水位普遍比几十年前下降了 40~60m,形成 7 个深层地下水位降落漏斗,这些漏斗区总面积近 $4.4 \times 10^4 \text{km}^2$ 。截止到 2003 年,北京平原区形成大小不等 5 个降落漏斗区,导致大面积的地面沉降。2005 年世界水日在郑州地区调查发现,过度开采地下水使郑州地下水位年均下降 2m,中心漏斗区水位深达 74m 多。西安地区因为超采地下水,城市规划区地下水出现 7 个较大下降漏斗,象征西安古代文明的钟楼因此下沉了 395mm。

除了缺水干旱的北方,南方同样存在过量开采地下水的问题。调查显示:在长三角(长江以南)10 万 km^2 的范围内,因为长期超采地下水,引起了区域性地面沉降与地裂缝等地质灾害。区内 1/3 范围内累计沉降已超 200mm,面积近 1 万 km^2 。其中上海市区、江苏苏锡常地区、浙江杭嘉湖等地已经形成三个区域性沉降大“漏斗”,最大累计沉降量分别达到 2.63、1.08、0.82m。苏锡常地区因不均匀沉降,已发生多处地裂缝地质灾害。至 2005 年,温州市大于 50mm 的地面沉降区面积达 17.2 km^2 ,沉降中心沉降速率达每年 30mm。长三角地区已成为中国发生地面沉降现象最具典型意义的地区之一。

目前,我国有近 50 个城市发生了地面沉降,全国沉降面积 48 655 km^2 ,年均直接经济损失 1 亿元以上。

(三) 生态流量

当一个地区的水资源利用量接近或达到这个地区的水资源拥有量时,水资源的生态问题也就接踵而至。河流断流造成的影响不仅仅是水量的减少。没有了水,水中的鱼也没有了。两岸依水而生的动、植物也无法生活。水不流,沙也不走。随水而来的泥沙只能积累在河床中。堆积的泥沙抬高河床,使洪水期的防洪任务更加严峻。断流还使地下水位变化,土地盐碱化。河流保持生态环境的最小流量称为生态流量。生态流量也称为环境流量。维持这个流量才能保证下游地区的环境、社会和经济利益。所以,环境流量的确定需要包括工程技术、政治经济、生态环境等方面共同努力,平衡各方的利益,首先是下游人民的基本生存环境能够维持可持续发展的要求。在水资源短缺地区,保持生态流量尤为重要。

在以往的工程建设和管理中,往往是尽量利用水库的水来发电。当不发电或少发电时,下泄的水量就可能少到难以维持下游生态环境的地步。这在引水式水电站中尤为突出。因此,维持环境流量是新的水力发电工程设计中必须顾及到的任务。生态流量是水利水电工程开发中必须注意的问题,而这一点正是在我们以往的工程中被忽视了的。可喜的是,我国政府和人民已经认识到这个问题,不仅在新的工程中注意解决好它,还对历史遗留问题正在采取补救措施。

从 20 世纪 60 年代开始,罗布泊逐渐干涸,周围生态环境立刻发生了巨大的变化。草本

植物全部枯死,防沙卫士胡杨树成片死亡,沙漠以每年3~5m的速度向湖中推进,罗布泊很快和广阔无垠的塔克拉玛干沙漠融为一体而消失。为了改善这一地区日益恶化的生态环境,2000年首次向塔里木河输水。2000年4月30日至2001年1月20日,由博湖调水两次通过塔里木河下游大西海子水库向下游绿色走廊泄水3.27亿 m^3 。输水水流通过断流河道长达215km,使塔河下游大西海子水库以下100余千米绿色走廊周边地域地下水位有所回升,地下水影响宽度400~500m,整个影响范围达80~100 km^2 。这次调水行动对减缓下游植被的衰败速度起了重要作用。此后,于2001年4~11月和2002年6月7~27日再次调水。四次调水取得了显著的效果,塔河下游地下水位明显升高,水质明显改善,植被逐渐恢复,野生动物再现。

白洋淀是华北地区最大的淡水湖泊,总面积为366 km^2 ,有“华北明珠”之誉。2006年,华北地区降雨严重偏少,白洋淀水位逼近干淀水位。为改善白洋淀地区生态环境,国家防总和水利部从2006年11月24日至2007年2月28日实施引黄济淀(白洋淀)应急生态调水工程,向白洋淀补水共约1.0亿 m^3 ,同时向衡水湖、大浪淀分别补水约0.65亿 m^3 和0.69亿 m^3 。

(四) 水污染的控制和治理

水在自然循环过程中,自身有一定的净化能力。水在流动时,通过自然地挥发、渗透、过滤等作用,将溶入水中的污物、金属等物质逐渐排除或分解掉,从而得以净化。所以,在漫长的人类历史长河中,水污染问题仅仅在一些局部地区曾经发生过。随着人口增多和经济发展,水污染问题在我国日益成为人们关注的焦点。现在主要存在的问题是发展和污染的关系。由于种种原因,在一个相当长的时期,少数地区和单位仍存在不顾大局,只注重局部利益,追求眼前发展,污染治理的经费投入不足,排污设施不配套等,导致河流、湖泊的水质污染日益恶化。

我国政府历来重视水污染防治。1984年5月11日,第六届全国人民代表大会常务委员会通过了《中华人民共和国水污染防治法》,1996年5月15日进行了修改。

20世纪90年代,政府开始加大宣传力度和治理力度,采取一系列措施解决当前存在的突出问题。如封山育林,退湖还田,关闭五小工业,加大污水治理,限制超采地下水,治理三江源,以及正在积极建设中的南水北调工程等。目前,以上情况已有所好转。

各级政府非常重视这个问题,中央电视台曾年年举办环境保护万里行报导,对淮河沿岸五小企业强行关、停、并、转,1997年1月1日淮河实行零点行动,1999年1月1日又在太湖流域实行零点行动,一些城市在水价中增加治污部分等,都反映国家对水资源保护的决心和行动。在已经开工的南水北调工程中,政府又提出先治理后调水、先节水后调水的原则,使治水节水从源头抓起,从而改变了以前先开发后治理的旧模式,将治水、节水提高到一个新的高度。目前,水资源的保护任务仍然很艰巨。特别在某些贫困地区尤为严重,甚至还存在采取破坏资源的方式来发展生产。这些都有待于进一步宣传有关政策,研究治理措施。

1996年长江水质调查发现,虽然长江干流的水质污染尚未超过其自净化能力,但部分河段的水质令人担忧。重庆下游一些地方水质污染程度超过饮用水标准,若不治理,三峡工程建成后,江水流速大大减小,江水的自净化能力减弱,污染将会比现在严重。2008年6月16日,长江上游湖北境内支流香溪河开始暴发水华,至26日才开始逐渐消退。长江流域

水资源保护局有关负责人认为,此次香溪河水华与水流变缓有直接关系。所以,在三峡工程建设中非常注意环境保护,三峡库区在蓄水前的大规模清库、灭鼠工作,以及新建城市的排污处理厂的建立,将大大降低水库水质恶化的可能。这表明,我们已经开始扭转“先开发、后治理”的模式,将水污染的控制和治理工作置于开发之先。

在水质污染治理方面,我们正在取得经验和成绩。蓝藻是最简单、最原始的一种藻类生物。有些蓝藻常于夏季大量繁殖,并在水面形成一层蓝绿色而有腥臭味的浮沫,称为“水华”。大规模的蓝藻暴发引起水质恶化,严重时耗尽水中氧气而造成鱼类的死亡。武汉东湖在1985年以前经常发生。自从采用生物治理,在东湖放养的鲢鱼和鳙鱼,吃掉了导致蓝藻水华发生的藻类,22年来一直没有复发过。

五、我国的水能资源及开发状况

全国第五次水能资源普查查明,我国大陆的水能蕴藏量为676 000 MW,年发电量为5.92 万亿 kW·h。表1-2、表1-3^[2]分别为中国大陆水能资源按水系和按地区分布的情况。据统计,台湾省水能蕴藏量为11 730 MW,年发电量为1028 亿 kW·h。

大陆的可开发装机为378 530 MW,年发电量为19 233 亿 kW·h。其中单站装机10 MW以上的水电站站址有1946处,可装机35.7 万 MW,平均年发电量可达19 200 亿 kW·h。单站装机250 MW以上的大型水电站站址203处,其装机容量和平均年发电量占资源总量的80%左右。2000 MW以上的特大型水电站站址33处,其装机容量和年平均发电量约占资源总量的50%^[2]。台湾省的可装机容量为5050 MW,年发电量为204 亿 kW·h。

我国的地形特征为西高东低,主要河流多发源于西南高原,加上南方雨量充沛,全国约70%的水能资源集中在西南地区,可开发的大型和特大型水电站站址的70%~80%分布在西南四省区(云、贵、川、藏)。目前,“西电东送”已列入我国开发西部的重要战略规划,并开始启动。

截至2008年底,全国(不含台湾地区)水电装机容量达171 000 MW,开发率27%左右,年发电量5600 亿 kW·h。水电装机容量和发电量均跃居世界首位。水电装机容量占全国电力总装机的21.6%。根据国家发改委公布的《可再生能源发展“十一五”规划》,到2010年,水电总装机容量达到190 000 MW。其中大中型常规水电120 000 MW,小水电50 000 MW,抽水蓄能电站20 000 MW。

水能资源同样存在着利用和保护的问题。水能资源的合理开发重点在于流域规划,做到布局合理、梯级开发、先后有序、综合利用。水能发电用水要协调与其他用水部门之间的关系,往往是先发电,后用水。当发电流量与需要的灌溉流量或供水流量相一致时,可以明显地提高水资源的利用效率。

20世纪60年代以后,美国相继拆除了一些服务年限超期的低坝,从而也在中国引起了一场拆坝还是建坝的讨论。在我们这个发展中国家,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。争论使我们更进一步意识到发展和保护的关系。这场争论也让我们认识到,我们在建设过程中,也要借鉴美国这样的发达国家的经验教训,认真研究工程建设与环境保护之间的矛盾和统一。

在水能开发过程中,如何保护环境不受破坏是摆在水利水电工程人员面前的新问题。岷江上的杨柳湖大坝原计划修建在都江堰上游1300 多米的地方。杨柳湖工程建成后,能够使

紫坪铺水电站更有效地发挥作用。但是，它可能会严重破坏都江堰这座世界遗产的真实性和完整性以及周边的生态环境。2003年，媒体报道后，此事引起了社会各界的广泛关注，相关部门很快叫停了上述项目。目前，围绕怒江开发的环境评价仍在慎重地进行中。

表 1-2 中国大陆水能资源按水系分布表

水 系	理论蕴藏量 (MW)	可开发容量 (MW)	年发电量 (亿 kW·h)	所占比例 (%)
长江	268 020	197 240	10 274.98	53.4
黄河	40 550	280 000	1169.91	6.1
珠江	33 480	24 850	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	15 310	13 700	439.42	2.3
东南沿海诸河	20 670	13 900	547.41	2.9
西南沿海诸河	96 900	37 680	2098.68	10.9
雅鲁藏布江及西藏其他河流	159 740	50 380	2969.58	15.4
北方内陆及新疆诸河	34 990	9970	538.66	2.8
全国	676 040	378 530	19 233.04	100.0

表 1-3 中国大陆水能资源按地区分布表

地区	理论蕴藏量 (MW)	可开发容量 (MW)	年发电量 (亿 kW·h)	所占比例 (%)
华北	12 300	6920	232.25	1.2
东北	12 120	11 990	383.91	2.0
华东	30 050	17 900	687.94	3.6
中南	64 080	67 430	2973.65	15.5
西南	473 310	232 340	13 050.36	67.8
西北	84 180	41 940	1904.93	9.9
全国	676 040	378 530	19 233.04	100.0

第二节 水 利 事 业

为了充分利用水资源，研究自然界的水资源，对河流进行控制和改造，采取工程措施合理使用和调配水资源，以达到兴利除害的各部门从事的事业统称为水利事业。水利水电工程是以水力发电为主的水利事业。

水利事业的根本任务是除水害和兴水利。除水害主要是防止洪水泛滥和旱涝成灾；兴水利则是从多方面利用水资源为人类服务。主要措施包括：兴建水库，加固堤防，整治河道、增设防洪道，利用洼地湖泊蓄洪，修建提水泵站及配套的输水渠道和隧洞。

水利事业的效益主要有防洪、农田水利、水力发电、工业及生活供水、排水、航运、水产、旅游等。