

国家“十二五”精品教材

水利水电工程管理

申明亮 何金平 编著



中国水利水电出版社

www.waterpub.com.cn

国家“十二五”精品教材

水利水电工程管理

申明亮 何金平 编著



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本教材按照水利水电建设项目生命周期的全过程进行编写，分为四篇：总论、水利水电工程前期管理、水利水电工程建设期管理、水利水电工程运行期管理，共十二章。

本教材首先介绍了我国水利资源及水利水电工程的特点，然后按照水利水电建设项目生命周期，分别从工程建设项目前期准备、工程建设投资控制、工程建设项目评价、工程建设招标投标、工程建设进度控制、质量管理与环保安全、合同与信息管理等、水利水电工程安全监测、水利水电工程老化病害及其防治、水利水电工程安全管理、水利信息化等方面展开介绍，并在每章后附有思考题。

本教材涉及面广，内容翔实，对水利水电工程专业的大专院校师生，以及从事水利水电工程相关工作的人员，均具有参考价值。

图书在版编目（C I P）数据

水利水电工程管理 / 申明亮，何金平编著. -- 北京：
中国水利水电出版社，2012.8
国家“十二五”精品教材
ISBN 978-7-5170-0037-2

I. ①水… II. ①申… ②何… III. ①水利水电工程—
—工程管理—高等学校—教材 IV. ①TV

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第185532号

书 名	国家“十二五”精品教材 水利水电工程管理
作 者	申明亮 何金平 编著
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 68367658 (发行部)
经 售	北京科水图书销售中心(零售) 电话: (010) 88383994、63202643、68545874 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	北京市北中印刷厂
规 格	184mm×260mm 16开本 20印张 475千字
版 次	2012年8月第1版 2012年8月第1次印刷
印 数	0001—3000册
定 价	37.00元

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

随着水利水电工程的不断发展,工程建设呈现出新的特点,国内外形势的变化也对工程管理人才提出了更全面的要求。为此,本教材的编写着重体现了以下几个特点。

立足全局 本教材结合国内外水利水电工程建设对人才发展的要求,立足于当代中国水资源利用和工程建设特点,覆盖从规划设计到建设运行的各个方面,建立学生对工程建设全局及全过程的认识,为培养既懂技术又懂管理的复合型人才服务。

关注热点 在水电工程建设的大潮中,治水思路发生了新的改变,水资源的可持续利用与生态环境保护成为人们更为关注的问题。本教材结合国家工程建设与管理的现行制度与法律法规,突出“依法治水,以法兴水”,引导学生建立按法律法规、工程建设规律、生态和谐发展的综合要求进行工程建设的理念。

与时俱进 近年来,水电工程施工技术不断发展,相关规范也在不断更新和完善。本教材参阅了大量资料,广泛吸收业内相关成果,力求为学生提供最新的资料。特别介绍了项目信息管理(第八章)和水利信息化管理(第十二章)相关内容,使学生能尽快适应新时代的工程管理模式。

注重基础 本教材按照水利水电建设项目生命周期的过程进行编写,对工程建设各个阶段的工作内容作了详细的介绍,使学生在主线明确的基础上,深入理解每一个工作环节。此外,本教材从工程建设前期工作、实施阶段、运行管理三大部分分别作介绍,便于从整体上把握工程管理实务。

综合应用 本教材除了涵盖以水利水电工程生命周期为主线的内容外,还涉及规划设计、投资控制、维护与病害处理、调度防洪等内容,较全面地介绍了水利水电工程管理的的相关内容,使学生能在较高层次上认识水利水电工程管理工作。

本教材各章节的编写人员及分工如下:第一、二、五、六、七章由申明亮编写;第三、四章由肖宜编写;第八章由曹生荣编写;第九、十一、十二章由何金平编写;第十章由何金平、吴云芳编写。全书由申明亮、何金平统稿编著。

本教材是在武汉大学水利水电学院谈广鸣教授的大力倡导下编写的。第一章至第八章由胡志根教授主审，第九章至第十二章由李珍照教授主审。宋媛媛、陈朝、董索等参与了资料收集整理、文稿统筹工作。在编写的过程中，参考了国内许多学者的相关专著与教材，同时得到了武汉大学水资源与水电工程科学国家重点实验室的大力支持，在此一并表示感谢！

由于编者水平有限，恳请读者不吝赐教，以便纠正和改进。

编者

2012年3月于珞珈山

前言

总 论 篇

第一章 水利水电工程概论..... 1

第一节 中国的水利资源 1

第二节 水利水电工程 9

第三节 水利水电工程建设与管理 16

思考题 24

第一篇 水利水电工程前期管理

第二章 工程建设项目前期准备 25

第一节 流域规划 25

第二节 项目建议书 26

第三节 可行性研究报告..... 30

第四节 初步设计与施工图设计 33

思考题 36

第三章 工程建设投资控制 37

第一节 投资控制基本概念 37

第二节 工程项目资金计划 42

第三节 建设过程投资控制 45

第四节 与工程建设有关的保险与税收 47

思考题 52

第四章 工程建设项目评价 53

第一节 工程建设项目评价概述 53

第二节 财务评价 54

第三节 国民经济评价 58

第四节 环境影响评价 62

第五节 社会影响评价	65
思考题	72

第二篇 水利水电工程建设期管理

第五章 工程建设招标投标	73
第一节 招标投标概述	73
第二节 招标	76
第三节 投标	91
第四节 开标、评标与中标	103
第五节 承包合同	108
思考题	117
第六章 工程建设进度控制	118
第一节 进度与进度计划	118
第二节 进度计划的产生	121
第三节 进度计划的计算与分析	129
第四节 实施控制与调整	135
思考题	143
第七章 质量管理与环保安全	144
第一节 基本概念	144
第二节 全面质量管理	149
第三节 施工过程质量管理	153
第四节 工程验收	160
第五节 安全文明环保施工	165
思考题	178
第八章 合同与信息管 理	179
第一节 合同的基本概念	180
第二节 合同管理的任务、方法	183
第三节 变更与索赔	184
第四节 项目信息管理的含义、目的及任务	186
第五节 项目信息分类及处理方法	188
第六节 项目管理信息系统的应用	191
思考题	192

第三篇 水利水电工程运行期管理

第九章 水利水电工程安全监测	194
第一节 概述	194

第二节	监测技术	198
第三节	监测资料初步分析	216
第四节	监测数学模型	221
思考题		229
第十章	水利水电工程老化病害及其防治	231
第一节	混凝土坝老化病害及其防治	231
第二节	土石坝老化病害及其防治	240
第三节	水闸老化病害及其防治	254
第四节	水工隧洞老化病害及其防治	261
思考题		264
第十一章	水利水电工程安全管理	266
第一节	注册登记与定期检查	266
第二节	应急预案	272
第三节	工程抢险	276
思考题		286
第十二章	水利信息化	287
第一节	水利信息化的基本体系	287
第二节	三防指挥信息化系统	300
思考题		310
参考文献		311

总 论 篇

第一章 水利水电工程概论

第一节 中国的水利资源

一、中国的水利资源概况及特点

(一) 水利资源概况

中国国土广袤、海域辽阔、江河纵横、湖泊众多，径流丰沛、落差巨大，蕴藏着巨大的水利资源。中国是世界上水资源最丰富的国家之一。

据初步统计，中国拥有 960 万 km^2 的国土和 470 万 km^2 的领海。在这广阔的领土上，河流总长达 43 万 km ，长度在 1000 km 以上的河流有 20 多条，流域面积在 1 万 km^2 以上的河流有 79 条；湖泊总面积 71787 km^2 ，储水总量 7088 亿 m^3 ；全国多年平均降水总量为 61889 亿 m^3 ，折合面平均年降水深 648 mm ；全国多年平均径流总量 27115 亿 m^3 ，有 17 条河流的年径流量在 500 亿 m^3 以上；全国许多河流的总落差都在 1000 m 以上，主要大河流的总落差达到 3000~4000 m ，部分高达 5000 多 m 。

2005 年底，经过最新的经济、技术、环境综合评估、筛选等调查统计，中国大陆水力资源的理论蕴藏量为 694400 MW ，年发电量为 6.0829 万亿 $\text{kW} \cdot \text{h}$ ，其中技术可开发量为 541600 MW ，年发电量为 2.474 万亿 $\text{kW} \cdot \text{h}$ ；经济可开发量为 402000 MW ，年发电量为 1.75 万亿 $\text{kW} \cdot \text{h}$ 。

除了得天独厚的大江大河水能资源，中国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 157000 MW ，其中可开发的小水电资源为 70000 MW 。中国小水电资源不仅蕴藏量大，而且分布面广，全国 2300 个县中，有 1104 个县的小水电可开发资源超过 10 MW ，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鸭绿江口，南至广西的北仑河口，全长约 18000 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（自治区、直辖市），可开发的潮汐水能资源约 21000 MW 。

截至 2007 年，中国水电总装机容量已达到 145000 MW ，水电能源开发利用率从改革开放前的不足 10% 提高到 25%。

按流域（区域）统计的水能资源理论蕴藏量及可开发量（1980 年全国第三次水力资

源普查结果)见表1-1。中国水能资源主要集中在中西部地区的大中型河流上,其中长江、雅砻江、大渡河、乌江、澜沧江、黄河和怒江等干流上装机容量约占中国可开发量的60%。

表 1-1 中国水能资源理论蕴藏量及可开发量 (1980 年统计)

流域或区域	水能资源理论蕴藏量		可 开 发 量			
	蕴藏量 (MW)	占全国比重 (%)	装机容量 (MW)	占全国比重 (%)	年发电量 (亿万 kW·h)	占全国比重 (%)
长江	268018	38.8	197243	51.6	10275.0	53.1
黄河	40548	5.9	28004	7.3	1169.9	6.0
珠江	3484	4.8	24850	6.5	1124.8	5.8
海滦河	2943	0.4	2135	0.6	51.7	0.3
淮河	1149	0.2	66	0.2	18.9	0.1
东北诸河	15306	2.2	13078	3.6	439.4	2.3
东南沿海诸河	20668	3.0	13897	3.6	547.4	2.8
西南国际河流	96902	14.0	37684	9.8	2098.7	10.8
西藏诸河	159743	23.1	50382	13.2	2968.6	15.3
内陆及新疆诸河	36986	5.4	9969	2.6	538.7	2.8
台湾诸河	1500	2.2	4000	1.0	130.0	0.7
全国合计	690747	100.0	381902	100.0	19363.1	100

1. 长江流域

长江发源于世界屋脊青藏高原唐古拉山脉主峰格拉丹东雪山西南侧的沱沱河,与南支当曲汇合后为通天河,继与水支楚玛尔河相汇,于玉树县接纳巴塘河后称金沙江,在四川省宜宾附近与岷江汇合后始称长江。流经青海、西藏、四川、云南、重庆、湖北、湖南、江西、安徽、江苏、上海 11 个省(自治区、直辖市),在崇明岛以东注入东海,全长 6300 余 km。长江干流宜昌以上为上游段,长约 4504km;从宜昌到江西湖口为中游段,长 955km;从湖口到入海口为下游段,长 938km。

长江有数以千计的支流,大致呈南、北辐射状,主要的支流有雅砻江、大渡河、岷江、嘉陵江、乌江、沅江、湘江、汉江、赣江等。干支流构成庞大的水系,流域面积 180 万 km²,占全国总面积的 1/5。

长江年入海水量 9600 亿 m³,占全国河流径流量 26380 亿 m³ 的 37%,为中国第二大河黄河的 20 倍,年人均水资源 2850m³,与全国平均值相当;每亩耕地占有水资源 2800m³,为全国平均值的 1.4 倍。

长江流域水能资源理论蕴藏量为 268018MW,可开发量为 197243MW,年发电量约为 1.027 万亿 kW·h,占全国的 53.4%。该流域已建电站主要有干流上的葛洲坝电站、三峡电站以及支流上的二滩电站(雅砻江)、龚嘴电站(大渡河)、乌江渡电站(乌江)、隔河岩电站(清江)、丹江口电站(汉江)、五强溪电站(沅江);在建或即将建设的电站有向家坝、溪洛渡、白鹤滩、乌东德、锦屏一级、锦屏二级、瀑布沟、虎跳峡一级、虎跳

峡二级等。

2. 黄河流域

黄河是中国的第二大河，发源于青藏高原巴颜喀拉山北麓海拔 4500m 的约古宗列盆地，流经青海、四川、甘肃、宁夏、内蒙古、陕西、山西、河南、山东 9 省（自治区），在山东垦利县注入渤海，干流河道全长 5464km。沿途汇集有 35 条主要支流，较大的支流有湟水、洮河、清水河、汾河、渭河、沁河、伊河、洛河等。流域面积 79.5 万 km²（含内陆河流域 4.3 万 km²），占全国国土面积的 8.3%。

黄河多年平均年天然径流量 580 亿 m³，占全国的 2%，流域内人均水量为 294m³，为全国人均水量的 22%；耕地亩均水量 294m³，仅为全国耕地亩均水量的 16%。

黄河流域可开发的水能资源总装机容量 33440MW，年发电量约为 1136 亿 kW·h，在中国七大江河中位居第二。该流域主要的电站有龙羊峡、拉西瓦、李家峡、公伯峡、盐锅峡、刘家峡、大峡、青铜峡、万家寨、天桥、三门峡、小浪底等。

黄河多年平均年输沙量为 16 亿 t，多年平均含沙量为 35kg/m³，均为世界大江大河之最。此外，黄河下游河道为著名的“地上悬河”，河道上宽下窄，最宽达 24km，最窄处仅为 275m，排洪能力上大下小；河道内滩区为行洪区，居住人口 179 万，防洪任务十分艰巨。

3. 淮河流域

淮河位于长江、黄河之间，干流发源于河南省桐柏山，由西向东流入洪泽湖。出洪泽湖后分为三路：一路经三河闸、入江水道流入长江；另一路经苏北灌溉总渠入海；第三路经淮沭河、新沂河入海。流经河南、安徽、江苏、山东 4 省。干流全长约 1000km。南岸主要支流有史灌河、淝河，均发源于大别山。北岸主要支流有洪汝、沙颍、涡、浍、新汴、濉等河。流域总面积 27 万 km²，其中淮河干流水系流域面积 19 万 km²，沂沭泗水系流域面积 8 万 km²。

淮河全流域平均年径流量 622 亿 m³，加上地下水，年水资源总量约 870 亿 m³，其中 40% 已被开发利用。

4. 海河流域

海河流域地处中国华北地区，包括海河、滦河和徒骇—马颊河三大水系。该流域地跨 8 省（自治区、直辖市），包括北京、天津两市的全部，河北省的大部，山西省的东部，山东、河南两省的北部以及内蒙古自治区、辽宁省的一部分，流域面积 31.9 万 km²，耕地 1.65 亿亩，总人口 1.22 亿。

海河流域年均河川径流量为 288 亿 m³。地表水年人均占有量 270m³，耕地亩均占有量约 170m³，相当于全国平均每人和每亩占有量的 1/10 左右，为全国占有量最低的地区。该流域水利资源贫乏，理论蕴藏量为 2940MW，仅占全国蕴藏量的 4%，其中可开发量为 2130MW。该流域的主要水利工程有潘家口水电站、密云水库、官厅水库、岳城水库和大黑汀水利枢纽。

5. 珠江流域

珠江流域由西江、北江、东江及珠江三角洲诸河四个水系组成，分布于中国的云南、贵州、广西、广东、湖南、江西 6 个省（自治区）及越南的东北部。珠江的主流是西江，

发源于云南省境内的马雄山，在广东省珠海市的磨刀门注入南海，全长 2214km。全流域面积 45.37 万 km^2 ，其中中国境内面积 44.21 万 km^2 。

珠江流域水资源丰富，多年平均年径流量 3360 亿 m^3 ，仅次于长江，居中国第二位。珠江自云贵高原至南海之滨，干流总落差 2136m，全流域水能理论蕴藏量 33480MW，主要集中在西江南盘江下游和红水河及黔江河段，可开发水电装机容量 25120MW，是中国水电开发建设基地之一。该流域主要水利工程有天生桥一级、天生桥二级、鲁布革、龙滩、岩滩、百龙滩、大化、桥巩、大藤峡等。

6. 东北地区河流

松花江位于中国东北地区北部，是黑龙江最大的支流，河道全长 2308km，流域面积 55.68 万 km^2 。

辽河位于东北的南部。辽河流域包括辽河和大辽河两个水系，流域总面积 21.9 万 km^2 。辽河西部地区和辽河中下游地区年人均水量仅 587 m^3 ，耕地亩均水量为 364 m^3 ，远低于全国平均水平，水资源十分贫乏。

此外还有鸭绿江、图们江、黑龙江和乌苏里江四条国际界河。

鸭绿江是中国与朝鲜两国的界河，发源于白头山南麓，西南流经中国丹东市后注入黄海。河流全长 795km，流域面积 63788 km^2 ，其中中国境内流域面积为 32466 km^2 。

图们江也是中国与朝鲜两国的界河，发源于中朝两国边境的白头山东麓，东北向流至图们市转东南流入日本海。全长 520km，流域面积 3.3 万 km^2 ，其中中国境内为 2.2 万 km^2 。

黑龙江是中国、蒙古、俄罗斯三国的界河。黑龙江有南北两源，南源为额尔古纳河，北源为俄罗斯境内石勒喀河。以额尔古纳河为源计算，全长 4440km，流域面积 185.5 万 km^2 ，其中中国境内为 89.11 万 km^2 。

乌苏里江是黑龙江的支流，中俄两国的界河，发源于俄罗斯境内的马拉河与刃比河上游的锡霍特山脉的西南坡。河长 890km，流域面积 18.7 万 km^2 ，其中中国境内流域面积为 5.67 万 km^2 。

7. 西南地区河流

西南河流众多，流域辽阔，位于中国西南边陲，是青藏高原和云贵高原的一部分。总面积 85.14 万 km^2 ，耕地 2689 万亩，人口 1524 万，分别为全国的 9%、1.8%、1.5%，但水资源总量高达 5853.5 亿 m^3 ，为全国的 21.6%。具有水多、人稀、耕地少的特点。区域内人均水量 3.8 万 m^3 ，亩均水量 2.2 万 m^3 ，分别为全国人均、亩均水量 15 倍和 12 倍。青藏高原河流蕴藏着极为丰富的水能资源，仅西藏和青海境内蕴藏量就约达 221000MW，约占全国的 33%。其中雅鲁藏布江及其主要支流的天然水能蕴藏量近 100000MW，约占全西藏的 50%。

雅鲁藏布江是中国乃至世界上海拔最高的大河，发源于西藏西南部喜马拉雅山北麓的杰马央宗冰川。河流全长约 2900km，流域面积 93.5 万 km^2 ，其中中国境内为 2057km，集水面积 24.1 万 km^2 。

怒江发源于西藏自治区北部唐古拉山南麓的吉热格帕附近，该江流经云南，从云南省的西南部流入邻国缅甸，最后注入印度洋的安达曼海，在国外称为萨尔温江。

澜沧江发源于青海唐古拉山北麓夏茸扎加的北部,流经青海省、西藏自治区和云南省,出境后称湄公河,经过老挝、缅甸、泰国、柬埔寨、越南等国,最后注入太平洋的南海。干流全长 4500km,总落差 5500m,中国境内干流长 1612km,落差达 5000m。主要的水利工程有功果桥、小湾、漫湾、大朝山、四家村、糯扎渡等水电站。

元江发源于中国云南省巍山县境内,大体呈西北—东南流向,进入越南后称红河。

8. 东南地区河流

闽江是福建省最大的河流,发源于武夷山脉,流域面积 60992km²,占福建全省土地面积的一半,河流全长 577km,有沙溪、富屯溪、建溪三大支流,沙溪为其主要支流。闽江年平均径流量 629 亿 m³,水能资源丰富,理论蕴藏量 6320MW,可开发量 4630MW,已开发 18%。已建有桂口水电站、安砂水电站、池潭水电站、沙溪口水电站、水口水电站等。

钱塘江位于浙江省境内,为该省最大河流,发源于浙江、江西、安徽三省交界处的山区,由杭州湾入海,干流全长 494km,流域面积 4.22 万 km²。钱塘江年平均径流量 364 亿 m³。已建有新安江、富春江等大中型水电站。

闽浙赣水电基地是中国福建、浙江、江西省境内大中型水电站的总称。闽浙赣水电基地可开发水能资源 16815MW,多年平均年发电量 656.34 亿 kW·h,占全国可开发水能资源的 3.5%,其中大中型水电站 11180MW,多年平均年发电量 416 亿 kW·h。

(二) 中国水利资源的特点

1. 水资源总量多,人均水资源量少

中国水资源总量排在巴西、俄罗斯、加拿大和美国之后,但由于人口众多,人均占有水资源量约 2200m³,仅为世界人均占有量的 1/4。根据 20 世纪 80 年代初水利部对全国水资源进行的评价,我国的多年平均降水总量为 6.2 万亿 m³,除通过土壤水直接利用于天然生态系统与人工生态系统外,可通过水循环更新的地表水和地下水的多年平均水资源总量为 2.8 万亿 m³。据预测,到 2030 年,我国人口增至 16 亿时,人均水资源量将降到 1760m³。我国将缺水 400 亿~500 亿 m³。按国际上一般承认的标准,人均水资源量少于 1700m³ 为用水紧张的国家,因此,我国未来水资源的形势十分严峻。

2. 水资源的时空分布不均

中国河流主要由降雨形成径流,年内水资源分配很不均衡。由于季风气候影响,降水和径流在年内分配不均,夏季和秋季 4~5 个月的径流量占全年的 60%~70%,冬季径流量很少;降水量的年际变化剧烈,更造成江河的特大洪水和严重枯水,甚至发生连续丰水年和连续枯水年。

水资源在地区分布也极不均衡,水资源的空间分布总体上呈“南多北少,东多西少”。在全国可能开发水能资源中,东部的华东、东北、华北三大区共仅占 6.8%,中南地区占 15.5%,西北地区占 9.9%,西南地区占 67.8%,其中,除西藏自治区外,四川、云南、贵州三省占全国的 50.7%。全国水资源可利用总量的 2/3 分布在长江、珠江、东南和西南诸河流域,而国土面积占全国 2/3 的北方海河、黄河、淮河、辽河、松花江及西北诸河流域,其可利用水资源量仅占全国可利用总量的 1/3。

我国水资源与土地等资源的分布不匹配,经济社会发展布局与水资源分布不相适应。

黄河、淮河和海河三个流域的国土面积占全国的 15%，耕地、人口和 GDP 分别占全国的 1/3，水资源总量仅占全国的 7%，水资源供需矛盾十分突出，水资源配置难度大。

3. 水资源集中但开发利用程度低

中国地少人多，建水库往往受淹没损失的限制，水电资源相对集中在一些深山峡谷河流中，工程较艰巨。大型电站比重大，不少水电站的装机容量超过 1000MW，三峡水电站装机容量达 18200MW，金沙江上在建的溪洛渡水电站装机容量也将超过 10000MW。据统计各省（自治区、直辖市）单站装机 10 MW 以上的大型水电站有 203 座，其装机容量和年发电量占总数的 80% 左右。而且 70% 以上的大型电站集中分布在西南四省。

与世界其他国家相比，中国水资源的开发和利用程度较低。按 1996 年常规水电站发电量统计，世界其他国家的利用程度远远高于中国，其中法国为 74%，瑞士为 72%，日本为 66%，巴拉圭为 61%，挪威为 60%，英国为 58%，瑞典为 56%，芬兰、美国为 55%，而中国目前已开发资源约为 25%。

二、中国的水问题

由于中国水资源具有时空分布极不均匀的特征，庞大的人口和快速的经济增长使得水问题依然十分严峻。我国当前面临的水问题已经发生了重大变化和转型，从防洪、灌溉等传统水问题，发展成为水资源、水环境、水生态、水灾害四大问题并存的多重危机与挑战。主要表现在以下五个方面。

1. 水资源供需矛盾突出

水资源短缺与经济社会发展对水资源需求不断增长的矛盾突出。随着经济社会发展和人民生活水平提高，对水资源的需求呈增长趋势，而水资源开发利用和江河治理的难度越来越大，水资源短缺问题将不断加剧。缺水问题已经严重影响中国经济社会的发展。据推算，全国每年因缺水造成的经济损失达到 2500 亿元，其中工业产值 2300 亿元，农业产值 200 亿元。

闻名于世的黄河于 1978 年出现断流，1985 年后年年断流，1997 年累计断流时间长达 226 天。目前在全国 670 座建制市中，有 400 座城市不同程度地缺水，严重缺水的城市达 108 座。据初步统计，全国城市年缺水量达 180 多亿 t，今后城市用水对水量和水质还将有更高的要求。全国的灌区在过去的 10 年中，平均每年缺水 300 多亿 m^3 ，减产粮食 3000 多万 t。在农村还有 3000 多万人和数千万头牲畜常年的饮水条件亟待改善。今后要保证农业的稳定发展，农业用水的缺口还将越来越大。如仍按目前 1m^3 水生产 0.85kg 粮食的水平测算，到 21 世纪中叶，因粮食增产而需新增的农业用水，就将超过 1000 亿 m^3 。

根据我国的长期发展规划，到 2030 年，中国的 GDP 将增长 10 倍，人口将达到 16 亿多，全国的经济、社会和生态需水量可能达 7000 亿 m^3 左右，人均水资源量将降至 1700m^3 的国际公认的警戒线。如果不采取措施，仍然按照现有的水资源需求水平、水污染程度以及用水模式发展下去，未来 30~50 年我国水资源安全保障将面临极大的问题。

2. 全球变暖和人类活动加大水资源短缺

全球变暖将使地表蒸发量提高，水资源量将相应减少，一方面，可能使我国年降水量及年径流量向“南增北减”的不利趋势变化，南方地区突发性洪涝灾害事件可能增多，北方地区则可能变得更加干旱；另一方面，经济和人口增长，河流开发等人类活动进一步加

剧,不仅增加需水量,也加剧了水污染,显著改变流域下垫面条件,对水资源的形成和水循环多有不利影响,近20年来,海河流域的地表水资源量已经减少了40%。

严重的水污染现象更加剧了缺水矛盾。目前,中国废污水年排放量为620亿t,由于处理能力不足,造成水体污染严重。南方一些水资源丰富地区出现了水质型缺水问题,进一步加剧了水资源供需矛盾。未来,我国水资源发展态势不容乐观,水资源短缺的风险将进一步加大。

3. 水资源安全无法保障

比起水量减少,我国由于污染引致的水质恶化对水资源安全的影响更为严重,也更加令人忧虑。2004年,在全国评价的河流长度中,达到和优于Ⅲ类水质的河流长度仅占总评价河流长度的59.4%,主要江河水系、90%以上的城市地表水体、97%的城市地下含水层均受到污染。我国饮用水安全和群众健康问题十分突出,农村饮水不安全人口达3.23亿。据推算,全国每年因水污染造成的经济损失为400多亿元,其中人体健康损失为192.8亿元,工业损失为137.8亿元,农业损失为96.2亿元。近20年来,水污染从局部河段到区域和流域、从单一污染到复合型污染、从地表水到地下水,以很快的速度扩展,危及水资源的可持续利用,影响粮食生产安全,成为当前我国水危机中最严重、最紧迫的问题。水资源安全关系到民族的生存和繁衍,直接影响国家的安全与稳定。

4. 开发利用或治理不当,危害重重

水资源开发利用不当,会带来一系列水旱灾害和环境问题。中国北方及内陆河的部分地区由于人口增加、经济发展,水资源过度开发、地下水超采,引发河道断流、湖泊干涸、地下水位下降、草场退化、沙化、沙尘暴和海水入侵等一系列生态环境问题。我国西部地区是长江、黄河、珠江和众多国际河流的发源地,地形高差大,又有大面积的黄土高原和岩溶山地,自然因素加上长时期人为破坏,很多地区水土流失严重,对当地的土地资源和生态环境造成严重危害,也使许多江河挟带大量泥沙,泥沙沉积在下游,造成河床抬高。泥沙淤积对河流治理及水库寿命、设计与运行具有重要影响。

我国多数大江大河重要支流和中小河流尚未得到有效治理,蓄滞洪区建设滞后,山洪、泥石流等灾害的监测与防御能力较低。洪涝灾害每年造成大量人员伤亡和财产损失,仍然是中华民族的心腹之患。据统计,中国每年的因洪水灾害造成的直接经济损失约占GDP的1.0%。频繁的洪水灾害,使得防洪减灾任务十分艰巨。

中国2/3以上的固定资产、1/3的耕地、近1/2的人口、620多座城市主要分布在大江大河的中下游地区,经常受到洪水的威胁,洪涝灾害严重。目前,60%的城市尚未达到国家规定的防洪标准,近半数堤防存在着不同程度的隐患,还有50%的海堤未达到设计标准,40%的水库带病运行,防洪工程措施亟待解决;防洪调控能力不足,蓄滞洪区安全建设滞后,防洪非工程措施还不够完善。随着经济社会的发展和城市化进程的加快,防洪保护区内的物质财富和人口不断增长,使防洪安全问题愈发突出。

5. 资源浪费,管理失效

水资源利用效率低,浪费水的现象普遍存在。我国农业灌溉水的利用效率只有40%~50%,发达国家可达70%~80%。全国平均单方水实现GDP仅为世界平均水平的1/5;单方水粮食增产量为世界水平的1/3;工业万元产值用水量为发达国家的5~10倍。我国

水资源利用效率低有多方面原因,其中一个重要原因是水管理的失效。水资源管理在体制和机制上都存在许多问题。水资源行政分割管理导致多“龙”治水,职能交叉、利益冲突,最终导致水资源管理和配置的长期低效。

面对复杂的水问题和水危机,我国水资源安全保障基础平台、科技支撑能力建设与制度创新均严重不足,影响国家应对和缓解水危机的能力。

我国陆地水系统及水资源观测分散在各个有关部门和行业,缺乏国家层面的陆地水系统和水资源变化的监测、水危机的预警预报及风险管理系统,不能满足国家和重点区域水资源安全保障的基础信息支撑与预警预报要求。现有的水资源规划大多是由部门制定的开发利用规划,缺乏国家水资源安全保障的长远战略规划。水利水电建设,特别是跨流域调水等特大型工程,对大尺度的水循环系统及自然生态系统产生极大的扰动,使天然水循环规律有很大的改变,其中许多科学问题需要深入研究,一些深层次的影响和后果亟待科学论证。这方面的基础研究比较薄弱,国家投资和支持有待进一步提高,重大水利水电工程的科学论证亦感不足。

目前的水管理体制与模式已无法解决我国跨部门、跨地区、影响多个利益主体的水资源冲突与矛盾,水资源可持续利用及水安全没有可靠的制度保障。我国许多地区的水危机并不完全是水资源供给意义上的缺乏,很大程度上是治理危机,水资源管理的体制改革和制度创新亟待加强。

三、应对水问题的措施

我国水问题表现为水资源、水环境、水生态和水灾害四大问题相互作用、彼此叠加的多重水危机,其中以水污染的威胁尤为突出。传统的治水思路已不能适应社会经济发展要求,治水模式转型势在必行。反思传统治水模式的缺陷,新的思路的应遵循的基本理念是追求人与自然和谐、兼顾公平与效率、预防与治理相结合、实现可持续发展;并建立统一的管理体制,协调各利益相关方的合作,综合运用法律、行政、经济、技术等手段提高水资源利用效率、有效减少污染物排放、维护生态安全、降低灾害风险、寻求环境与发展的双赢。

针对中国目前的水问题,治水思路为:从工程水利向资源水利转变,从传统水利向现代水利、可持续发展水利转变,以水资源的可持续利用支持经济社会的可持续发展。具体从以下几方面展开。

(1) 治水模式转型的核心是优先加强制度建设和制度创新,建立健全治水的法律法规体系以及各项强制性和激励性制度。建立统一的水管理体制,统筹水资源、水环境、水生态等方面,进一步加快分权改革的步伐。综合运用法律、行政、经济、技术等多种手段,特别是规范水价和水权,依法综合治理。采取渐进的方式实现转变,减少变革可能带来的负面影响,降低改革成本,实现治水模式的平稳过渡。

(2) 实行管理转型和创新,运用各种新的管理方法,满足应对新时期综合管理需求。为此,需要重点推进以下方面的管理创新:

1) 资源环境绩效管理。通过资源环境绩效考核和评估,努力降低单位 GDP 的水资源消耗量和水污染物产生量,鼓励技术创新,不断提高水资源生产率。

2) 流域综合管理。把流域看成是一个独立完整的生态系统,以流域可持续发展为目

标实现资源综合开发、保护与管理。

3) 需求管理。从水资源供给管理向需求管理转变是市场经济不断成熟的标志,采用需求管理不仅可以有效缓解不合理的供给扩张导向,而且,对水资源相对紧缺的中国来说更加重要。水权管理和水价改革是落实需求管理的关键和有效途径。

4) 适应性管理。鉴于快速变化的水环境形势和实现目标的艰巨性,建议采取适应性管理措施,利用动态目标和多目标指导规划,并根据发展进程调整行动计划。

5) 综合风险管理。为应对和适应不确定的各类水灾害、气候变化威胁和突发环境事件,采用建立在综合风险管理基础上的预案体系,将危机管理与常态管理相结合,有效降低灾害防治和应急处理的成本。

(3) 全面提升科技创新能力,建立综合解决水问题的科技支撑体系。综合解决水问题的科技支撑体系包括以下几个方面:

1) 开展水问题相关的基础研究,包括复合型污染机理与转化规律、全球变暖条件下的水资源时空分布与区域响应、流域生态系统恢复原理等。

2) 与水资源、水环境综合管理相关的理论与技术,包括水资源管理、流域综合规划、水权和排污权分配、水价制定、行业资源环境绩效标准、动态监测与管理信息化等技术方法。

3) 提高水资源利用效率,研究水资源替代、清洁生产相关的工程、技术、材料、产品、设备。

4) 各类水污染处理技术、区域污染物综合防治、饮用水安全技术、生态修复技术,以及保障环境健康的相关技术。

5) 水灾害综合防治技术,包括灾害预警、预报、应急处理、救灾和相关管理技术。

第二节 水利水电工程

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,以达到除害兴利目的而修建的工程。水利工程的根本任务是除水害和兴水利,前者主要是防止洪水泛滥和渍涝成灾;后者则是从多方面利用水资源为人民造福,包括灌溉、发电、供水、排水、航运、养殖、旅游、改善环境等。

一、水利水电工程类型

1. 按社会功能分

水利基本建设项目是通过固定资产投资形成水利固定资产并发挥社会和经济效益的水利项目。

水利水电工程按其功能和作用分为公益型、准公益型和经营型三类:

(1) 公益型工程。指具有防洪、排涝、抗旱和水资源管理等社会公益性管理和服务功能,自身无法得到相应经济回报的水利工程,如堤防工程、河道整治工程、蓄滞洪区安全建设、除涝、水土保持、生态建设、水资源保护、贫困地区人畜饮水、防汛通信、水文设施等。

(2) 准公益型工程。指既有社会效益,又有经济效益的水利工程,其中大部分是以社会效益为主。如综合利用的水利枢纽(水库)工程、大型灌区节水改造工程等。

(3) 经营型工程。指以经济效益为主的水利工程。如城市供水、水力发电、水库养