

系统工程系列教材

# 水资源与水环境系统工程

薛惠锋 程晓冰 乔长录 陈志鹏 编著



國防工業出版社

National Defense Industry Press

# 水资源与水环境 系统工程

薛惠锋 程晓冰 乔长录 陈志鹏 编著

国防工业出版社

地址：北京·德胜门内大街2号  
邮编：100089  
电话：(010) 88414600  
网址：<http://www.cip.com.cn>

## 内容简介

本书以水资源和水环境为研究对象,充分利用系统工程的理论与方法,研究水资源的合理开发利用、潜力、承载力、保护、污染防治、水环境治理等方面问题。全书17章分为4篇,即绪论、水资源、水环境和水污染事件。

本书层次清晰,理论前沿,示例充实,力求深入浅出,便于读者阅读。

### 图书在版编目(CIP)数据

水资源与水环境系统工程 / 薛惠锋等编著. —北京:国防工业出版社, 2008. 12

(系统工程系列教材)

ISBN 978-7-118-06143-7

I. 水... II. 薛... III. ①水利资源开发-水利工程-教材 ②水环境-环境工程-教材 IV. TV22 X143

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第001613号

※

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路23号 邮政编码100048)

天利华印刷装订有限公司印刷

新华书店经售

\*

开本 787×1092 1/16 印张 12 字数 276 千字

2008年12月第1版第1次印刷 印数1—4000册 定价36.00元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)68428422

发行邮购:(010)68414474

发行传真:(010)68411535

发行业务:(010)68472764



# 前 言

水孕育了生命,滋润了万物。水是基本的自然资源,是组成生命世界、生态环境的重要控制要素。水又是战略性资源,是一个国家综合国力的有机组成部分。2002年世界可持续发展峰会把水列为五个可持续发展最优先领域的首位。水问题已经成为世界广泛关注的重大问题。

当今世界面临的人口、资源、环境和粮食等问题,都与水密切相关。水与人类、水与社会、水与经济、水与环境、水与生态、水与文化、水与旅游等人类水事活动研究已日益成为世人所关注的热点问题之一,并形成和发展为水事科学这一独立的科学研究体系。

水又是人类和一切生物生存不可缺少的物质基础,是现代工农业生产的重要资源。水作为农业之命脉,工业之血液,对国民经济的发展具有举足轻重的作用。然而,改革开放以来,我国社会经济增长方式粗放,水资源消耗高、浪费大、污染重,导致水环境日益恶化,我们在水资源和水环境方面付出了巨大代价。把建设资源节约型、环境友好型社会写入“十一五”规划标志着我国经济社会发展进入新的历史阶段,建设和谐社会成为时代主题。人水和谐是和谐社会的主要内容,要求我们在社会生产、建设、流通、消费的各个领域,在经济和社会发展的各个方面,切实保护和合理利用水资源,提高水资源利用效率,以尽可能少的水资源消耗获得最大的经济效益和社会效益。这是关系到我国经济社会发展和中华民族兴衰,具有全局性和战略性的重大决策。因此,研究水资源的合理开发利用、配置、潜力和承载力等问题是一项非常重要的议题。

本书以水资源和水环境为研究对象,充分利用系统工程的理论与方法,研究水资源的合理开发利用、潜力、承载力、保护、污染防治、水环境治理等方面问题。全书17章分为4篇,即绪论、水资源、水环境和水污染事件。

绪论是本书的基础篇,该篇从人水关系的历史渊源谈起,然后论述了人类水事经济活动的起源、繁荣与发展,从而为水资源与水环境系统工程基本概念的界定做好了铺垫,随后引出了水资源、水环境和水资源与水环境系统基本概念和体系框架。

水资源是本书的核心理论篇,主要论述了水资源的价值、水资源的潜力、水资源的承载力、水资源的可持续利用以及水资源的合理开发和保护等内容。

水环境是本书的另一核心篇,从水环境恶化的现状出发,深入分析了水体污染、检测、预测及其治理方面的内容。

水污染事件篇,主要针对近年来突发性水污染事件,讲述了突发性水污染事件的原因、危害以及预防和应急管理举措。

本书层次清晰,理论前沿,示例充实,力求深入浅出,便于读者阅读学习。

编者

# 目 录

## 第一篇 绪 论

第1章 人水关系的历史渊源	1
1.1 人水关系的发展历史	1
1.2 人水关系的演进动因	4
1.3 人水关系的新理念——人水和谐	5
第2章 人类水事经济活动	10
2.1 古代人类水事经济活动的起源	10
2.2 近代人类水事经济活动的繁荣	11
2.3 现代人类水事经济活动的发展	12
第3章 水资源概述	15
3.1 水资源的资源性解析	15
3.2 水资源的概念	18
3.3 水资源的作用	21
3.4 水资源的现状	21
第4章 水环境概述	29
4.1 水环境概念	29
4.2 水环境特点	29
4.3 水环境现状	30
第5章 水资源与水环境系统	32
5.1 水资源与水环境系统的概念及组成	32
5.2 水资源与水环境系统的结构及特征	35
5.3 水资源与水环境系统的时空描述	39
5.4 水资源与水环境系统运行策略	40

## 第二篇 水资源

第6章 水资源价值	43
6.1 水资源价值确定	43
6.2 水价定价	43
6.3 水资源对国民经济的贡献	46

第7章 水资源潜力 .....	48
7.1 水资源潜力的概念 .....	48
7.2 水资源潜力开发方式 .....	51
7.3 节流措施及实现途径 .....	55
第8章 水资源承载力 .....	68
8.1 水资源承载力概念 .....	68
8.2 水资源承载力研究的原则与思路 .....	70
8.3 水资源承载力研究的基本方法 .....	72
8.4 水资源承载力的衡量 .....	74
8.5 水资源承载力的两大重点 .....	75
第9章 水资源可持续利用 .....	77
9.1 水资源可持续利用的内涵 .....	77
9.2 水资源可持续利用的原则 .....	78
9.3 水资源可持续利用中的平衡关系 .....	79
9.4 水资源可持续利用中的供需调节 .....	81
9.5 水资源可持续利用量度 .....	82
9.6 水资源可持续利用模式——需水零增长模式 .....	83
第10章 水资源开发利用 .....	87
10.1 水资源开发利用概况 .....	87
10.2 重大水资源开发利用工程简介 .....	87
10.3 水利工程对生态环境的影响 .....	96
第11章 水资源保护 .....	100
11.1 水资源保护的概念 .....	100
11.2 水资源保护的目和容 .....	101
11.3 水功能区划 .....	102
11.4 水资源保护规划 .....	106
第12章 水资源管理 .....	111
12.1 水资源管理的概念和特点 .....	111
12.2 水资源管理的内容及方法 .....	112
12.3 水资源的管理体制 .....	117
12.4 水资源的法制管理 .....	119
12.5 国外水资源管理经验借鉴 .....	120

### 第三篇 水环境

第13章 水体污染与水体自净 .....	123
13.1 水体污染 .....	123
13.2 水体污染的原因 .....	124

13.3	水体污染物的种类及污染物主要来源	125
13.4	污水综合排放标准	128
13.5	水体自净	128
<b>第 14 章</b>	<b>水体污染的危害及防治措施</b>	<b>130</b>
14.1	水体污染的危害	130
14.2	水体污染的防治对策	131
<b>第 15 章</b>	<b>水质监测、评价与预测</b>	<b>135</b>
15.1	水质监测	135
15.2	水质评价	138
15.3	水质预测	144

## 第四篇 水污染事件及其应对

<b>第 16 章</b>	<b>水污染事件及经验教训</b>	<b>147</b>
16.1	近年出现的水污染事件	147
16.2	从水污染事件中应吸取的教训	148
16.3	水污染事件应对的经验	149
<b>第 17 章</b>	<b>突发性水污染事件预警应急系统初探</b>	<b>152</b>
17.1	突发性水污染事件概述	152
17.2	突发性水污染事件预警应急系统意义	154
17.3	突发性水污染事件预警应急系统体系	156
17.4	突发性水污染事件应急预案	167
17.5	突发性水污染事件预警应急系统支持技术	174
<b>附录</b>		<b>181</b>
<b>参考文献</b>		<b>184</b>

# 第一篇 绪 论

## 第 1 章 人水关系的历史渊源

### 1.1 人水关系的发展历史

众所周知,水是人类一切活动的物质基础,水域环境又是人类活动的舞台;人类历史的发展与水结下了不解之缘,水事活动的进行创造了一次次水事文明。

#### 1.1.1 地球的演化

地球约在 46 亿年前由原始星云中的气体和尘埃物质凝聚形成,随后不断地遵循其固有规律演化。在地质时期后期演化出古海洋并逐步形成了得天独厚的水圈,使地球上诞生生命成为可能。距今约 30 亿年前在水域中合成了原始的生命——具有特定功能的某种分子结合体(生物圈共同的祖先),再经过漫长的进化终于发育成早期完整的生物体系。生物体系使大量的有机物质富集于地表,在一定的水热条件下发育成土壤,促使许多生物群落迅速发展成原始地球生物圈,然后在生物圈中进化出人类。

#### 1.1.2 人类的发展

人类在生物圈中出现以后,以其特殊的生存方式,经过竞争和选择,很快成为生物圈里的优势种类,现已发展形成一个有别于生物圈的圈层——人类圈。自第二次世界大战以后,膨胀的人口与科学技术联姻,孕育出高速发展的生产力,使“人类终于成为地球之王”。到现在,发达的人类社会在地球表层已形成一个圈层——全人类社会圈(包括人类圈、技术圈和智能圈),它和自然生态圈相结合而形成地球上最高的圈层——全人类生态圈。

#### 1.1.3 人水思想历史渊源

人类文明进化史表明,人类进入农业社会以前的 1500 万年的时间都是以同样的方式(采集和渔猎),在森林—草原—湖泊中,向自然界索取生活资料,人类在大自然怀抱中生活。作为构成人类生态环境的基础物质——水,与人类产生了密切关系。从考古发掘来看,无论是东非的肯尼亚人,还是中国的元谋人、蓝田猿人,以至 5 万年前的山顶洞人,他们都生活在低山丘陵的山麓河谷地带。因为这里有洞穴可居,有动物可猎,有野果可采,



有鱼可捕,更有水可饮。在生产力低下的条件下,靠渔猎、采食为生的人类,依山傍水的地理环境最为理想。世界四大文明古国也正因为形成了所谓的“大河文明”,发源于底格里斯河和幼发拉底河的巴比伦、尼罗河流域的古埃及、印度河冲积平原上的古印度,以及中国华夏文明的发源地——黄河流域,无疑均是明证,可以说水域是人类文明的摇篮。

然而,水又通常被称为“洪水猛兽”。洪水,是当今人类最残酷的杀手。亘古至今,地球上拥有的千条江,万条河,没有哪一条没有洪水的记录。从公元前206年到公元1949年的2155年间的中国,平均每两年就遭受一次洪水的蹂躏。古埃及尼罗河的周期性泛滥,印度恒河的滚滚洪流使在强大自然力支配下生活的古人类对洪水猛兽产生畏惧。由于科学知识的缺乏,故对大江大河产生了一种神秘感,以为种种强大的自然力是神灵之所为,从而产生了对水神的崇拜。《礼记·祭法》中记载了“山林川谷丘陵,能出云,为风雨,见怪物,皆曰神”。梁任方在《述异记》中也提及“昔日古氏之死也,头为四岳,目为日月,脂膏为江海,毛为草木”。在出土的甲骨文中,有对泉水祭祀的记载。在《诗经》中,大约有十几首诗赞颂泉水。对水神的崇拜,产生了极为丰富的神话故事和神话文学,如昆仑山系西王母瑶池宴周穆王子,山东蓬莱仙境,战国宋玉《神女赋》、《高唐赋》把长江三峡的峰峦云雾幻想为光华耀目、美貌横生、迁延举步的巫山神女等。更有此种崇拜,决定了人类的盲目行为,如战国时期西门豹治邺中所提及的用美女敬献水神的记载、印度圣水祭物传统等均是人类为求风调雨顺、免受洪水灾害、崇拜水域的佐证。

水害的灾难使人类文明史蒙上了灾害史的阴影。但历史遗迹的寻觅中,人类战胜自然的奢望,显示了人类文明的辉煌。共工,这个4000多年前的治水英雄,率领氏族拉开了华夏祖先与水斗争的序幕,从而使人类对水的崇拜开始转入致用。禹,在共工及其父鲧的治水经验和教训的基础上,终于找到了“高高下下,疏川导滞”的治水方法,开拓了中华民族治水的新时代。洪水把人类推进了文明的门槛。大禹率众治水的胜利,打破了那种分散狭隘的氏族范围,带来了统一的广泛的社会大分工,伴随而来的是中国历史上第一个奴隶制国家——夏王朝的建立。“水可载舟,亦可覆舟”,“治水者治国”。秦皇汉武、唐宗明祖、康熙乾隆,这些盛世名君,无不效法大禹,治水安邦。都江堰、安丰塘、郑国渠、白渠、成国渠、龙首渠、漕渠、灵渠、邗汤、大运河、坎儿井、海塘、栈道及石拱桥等一系列水利工程,展示了中华民族光辉灿烂的文明。正如隆国强在《封建大一统与水力社会》一文中所说:中国靠“水”来驱动发展。“水力社会”是中国“分久必合”的根本,同时水利文明也就必然成为华夏文明的渊源所在。

人类文明史包含着—部抗灾史,在与灾害的斗争中,激发了人类智慧的火花。人类也正是在治水的斗争中,才开始寻觅到了水的真谛。人的生活需要水,农业种植需要水,交通需要水,等等。然而,只有当人类发现了水的美学特征,才真正标志着人对大自然赐与礼物的灵性升华。涓涓细流、淙淙小溪、汨汨清泉、飞流瀑布……,静水如明镜洒落,动水如白龙奔腾,溪涧流水晶莹明澈,高山雪水素净清辉,这正如车尔尼雪夫斯基所言:“水由于它的形状而显现出美。辽阔的、一平如镜的、宁静的水在我们心里产生宏伟的形象。奔腾的瀑布,它的气势令人迷恋,水把周围的一切如画般地反映出来,把这一切屈曲地摇曳着……”。水的天然之美,使人们对其产生了联想、比兴和畅神。孔子《论语》中“知者乐

水,仁者乐山”,所及知者即智者。在《子罕篇》中“逝者如斯夫!不舍昼夜”,对奔流不息的河水发生感叹。道家创始人老子常用水作譬喻,阐明其哲学思想,如《易性》篇中“上善若水,水善利万物而不争,处众人之所恶,故几于道”。在《任言》篇中“天下柔弱,莫过于水,而攻坚者,莫之能胜,以其无以易之也”。还说“江海之所以为百谷王者,以其善下之”。明代谭元春“潭水溪水潢山禄,别悬飞瀑覆寒玉。闲花引入乱石边,壁御声光冷遥瞩”,写出了幽谷山态山容的形象。在国外,英国诗人拜伦的《恰尔德·哈洛尔德游记》中将自然人格化,富于水以生命力,表现了作者的情感世界。西方世界最早的文学名著《荷马史诗》中的《伊利亚特》和《奥德赛》均有对水的赞颂。以至后来的西方圆舞曲之王约翰·斯特劳斯的《蓝色多瑙河》、《维也纳森林的故事》,歌王舒伯特的《野玫瑰》、《云雀》、《春的信念》,以及乐圣贝多芬的《田园交响曲》等均将人们带入水域畅神的世界。

“世上名山僧占多”。自从佛教传入中国,就先后和各地的山水结下了不解之缘。山林幽寂,云雾缭绕,飞瀑流泉,花木丛生,寺院座落于此,更显出佛的尊严和神秘。始于我国的古老道教,更与山水关系密切。道教的十大洞天,三十六小洞天,七十二福地,星布于圣水名山胜境之中。尤其是人类私有制出现后,战乱兴起,思想、政治领域混乱,许多怀才不遇的志士和社会各阶层人物不敢直接抨击时政和统治,便把自己的不满情绪、抱负或愿望向大自然倾吐,以长途跋涉、游山玩水来解脱自己。屈原、宗炳、王羲之、陶渊明、白居易、苏东坡、陆游等名人学士便是代表。但是,当时交通条件较差,外出赏景必须付出艰辛的代价:谢灵运为游山而雇数百人伐木开道;宗炳西游荆巫、南登衡岳也只能走马观花。况且他们之中的绝大多数既不愿意放弃城市的享乐而又要函游山林,为了“不下堂筵,坐穹泉壑”,于是兴起了造园、引水、植树的“园林”热。至于那些远离城市的深山野林,真正长期扎根于斯,作筇路蓝缕、锲而不舍开发的,实乃借助于佛、道宗教力量得以完成。正是在这一比兴、畅神和宗教时期,水的风景资源性质才得以实质性的体现。

20世纪30年代,世界各主要国家为了社会经济的发展,为了提高国民的生活水平,都修建了大量的水资源工程,给这些国家带来了巨大的经济效果。然而,人类向大自然索取之后,大自然就要向人类作出反馈。人们越来越清楚地发现,人类生活受全球水循环系统和自然规律的制约。有人估计,全世界有一半以上的污染的水,未经处理就排入了水域。中国苏南、珠江三角洲的水质正在恶化。黑龙江、黄河、辽河、淮河、海滦河五大流域,水污染程度已高于全国水平。全国有29%的人饮用不良水质,7000万人在饮用高氟水。美国20世纪70年代花费700多亿美元才基本治理了点源污染;莱茵河直到1988年水质才有所改善。80年代,泰晤士河长期绝灭的鱼群才又游回……。经过漫长演化而进入现代系统期的地球,迎来了全人类社会圈迅猛成长的时代。由于受大规模人类活动的干扰破坏,使自然—水—人类关系严重失调,人们对水资源的不合理开发利用是导致这种“失调”的原因之一。因此,当前人类迫切需要用科学的自然观去认识我们这个世界——地、气、水、生、人辩证统一的有机整体,协调人和自然的关系,用智慧去约束人类行为,引导其摆脱眼前“困境”。其中包括从认识论的高度去认识水的重要性,以及它起着促进整个自然界和人类社会从无序向有序发展的机制作用,科学地开发利用、管理和保护水源,建立和谐的水—人关系,使之共同进化。

## 1.2 人水关系的演进动因

### 1.2.1 水在自然系统中的功能

(1) 水是自然界的基本要素,在地球的演化中扮演关键角色。古希腊自然哲学家泰勒斯认为水是宇宙的本源,世界万事万物皆起源于水。而色诺芬尼则认为一切事物(包括人在内)都起源于水和土。中国古代的五行学说将水放在首位,“以土与金、木、水、火杂之,以成百物”。《管子·度地》上说:“水者何也!万物之本源也,诸生之宗室也,恶、贤不肖、愚俊之所产也!”地球表面绝大部分为水体所围,以至从太空上看是蓝色的星球,因此,地球享有“蓝色的星球或水的行星”之美称。

(2) 水是地球上生命的源泉和缔造者。地球上有了水圈后,经水循环将分散于地表和大气中的有机质汇集到水域,形成原始的“营养汤”,再经水体调节适当的温度并拦截掉大量对生命强杀伤力的紫外线,使水域直接成为生命的源泉和缔造者,完成了地球进化史上划时代的革命。

(3) 水是维护生物圈存在和发展的命脉:①水是生物有机体的重要组成部分,据估计水分子占据着全部生物组织的70%~80%,全球所有生物体所含有的水分大约 $5.2 \times 10^{12} \text{ m}^3$ ,比全球所有江河所拥有的水量还要高出35倍;②水是生物体栖身和生物体与环境之间进行物质、能量和信息交换的重要机制;③水通过循环对环境进行净化和调节,为生物进化提供了先决条件。

(4) 水是地球的大动脉和最大的外营力,巨大而有规律的全球水循环,带动大量的物质和能量在地球表层流动,制约着地表各种景观的演变。

### 1.2.2 水在社会系统中的功能

作为自然界重要成员的人类,同样受水的作用。此外,人类社会的发展还受水特殊机制的作用。

(1) 水是人类文明发生、发展和变革的机制。人类最早是在水源丰富、土地肥沃、交通方便的地方,如河谷阶地形成聚落环境,为原始社会形成创造了条件;原始社会形成后,水又是促进其变革的机制:①历史上最先成为聚落环境的地方都易成为被入侵的“热点”;②历史上特大的洪旱灾害直接成为饥民起义的导火索;③水利发展促进国家富强。古希腊哲学家希罗多德把古埃及称为尼罗河的赠礼,黄河则是华夏文明的摇篮。

可悲的是水也是一种文明消失的机制。由于人口增加而过度砍伐森林,导致严重的水土流失,使农业在短短的几十年内就失去了基础。曾经在中美洲雨林带繁衍了1700年的玛雅文明就因无水而消失。

(2) 水在许多科学产生的摇篮。在古埃及,由于尼罗河年年泛滥使人们在经常丈量土地的活动诞生了几何学。中国古代大禹在治水中发明了原始的测量工具“准绳”、“矩”和“水准测量”行山表木。“数”也是在这个时候产生的。到了近代和现代社会,大规模开发利用水资源过程中产生的水的学科更是不胜枚举。

(3) 水是国民经济的命脉。现代社会的水具有自然和社会双重属性,是一种特殊的

商品,体现出经济、社会和生态价值。目前,地球上一个地区水资源的多少不仅是决定地区人口密度的重要因素,而且是衡量地区经济发展的重要指标。

### 1.2.3 人水关系动因分析

人地关系(或人与自然关系)的研究早已是地理学家、社会学家、生态学家、文化学家的研究课题。人水关系的研究毫无例外也属于人地关系的一种,人类的发展史也就是对水的认识改造史。从人一水关系的历史过程可知,人类对水的认识经历了自然崇拜、趋势利用、盲目开发和持续协调四个阶段。相应产生了有关水事活动的崇拜文化、水利文化(或农业文化)、产业文化(或工业文化)及生态文化(或现代文化)。

自从人类的祖先度过茹毛饮血、橡粟为食的时代,被迫逃离楼木而巢的襁褓森林生活,首先面临的便是“择水而居”,在世界闻名的幼发拉底河、底格里斯河、印度河、尼罗河和黄河流域一带生存发展,从而使这些水域成为世界古文明的发祥地。由此可见,水本身虽不是生产力,但正如列昂纳多·达·芬奇称“水是自然的驾驭者”。对水的崇拜也因此昌盛起来,从而也相应产生了各种各样的“崇拜文化”,具体表现在原始图腾、壁画、传说、建筑、遗址、宗教、论说等方面。然而人类之所以伟大,便在于其征服和改造自然的能力,人类在适应水的同时,也在不断创造出奇迹。从人类出现直至以后的历史,以农业灌溉为目的的水利活动始终是历史活动的重要组成部分,同时产生了“水利文化”。对原始人来说,用作狩猎的水坑常是部落生存的命脉,中国远在夏朝以前就开始了大规模水利活动,正如晋国的赵武所言“没有禹,人类即为鱼”。“水利文化”表明,人类农耕文明的诞生是在受水之利和驱水之害基础上产生的,人类逐水而生是当时经济活动的核心之一。同时,水利活动的空间迁移也导致了经济中心的转移,古伊拉克的三次北迁,中国经济中心由黄河流域迁往长江流域无疑都是人类水事活动影响的结果。人类大规模治水和用水的水事活动具有非常明显的“农业水利”的色彩。水利发电的大规模出现,是水事活动进入“工业社会”的一个标志,以水电驱动所带来的工业革命大大提高了人类生产力水平,从而也产生了“产业文化”或“工业文化”。伴随工业革命而来的便是人口的激增和经济发展所造成的需水量的剧增,世界上很多地方因各种原因出现了“水荒”,人类终于抛弃了自古以来的传统,水并非“取之不尽,用之不竭”,从而开始了水资源有效利用的新纪元。与此同时,水资源的开发利用还诱导出许多水环境问题,诸如地面下沉、海水入侵、水土流失、土地沙化、水质污染等,这就迫使人类在水事活动中关注生态问题,于是便产生了水事“生态文化”,即从人类生态学角度研究人类水事活动问题。由此可见,人类认识水的过程是一个动态的发展过程,人类每一次灵性的暴发都伴随着对水的开发和利用,人类生产力的发展带来一次次“水事革命”。种植业的出现使人类活动从水域走向陆地,开始摆脱对水的盲目崇拜。水利灌溉带来人世间的农业文明;用水发电开拓了水事活动的新纪元,标志着人类水事活动的辉煌。在人类正为改造自然举杯庆功的同时,灾害也相继而来,人类不得不静下心来,策划走出一条科学的水事之路。

## 1.3 人水关系的新理念——人水和谐

纵观人类文明进程,人水关系经历了人依存于水、人开发利用水、人掠夺水、人水和谐



这四种理念转变。

在人类文明早期的原始社会,水作为人类生态环境的基础物质,成为人类文明的依存,无论是东非的肯尼亚人,还是中国的元谋人、蓝田猿人、北京猿人,他们都依水而居,开始了原始农业和渔猎,水为人类提供生存的基础。世界四大文明形成所谓的“大河文明”,发源于底格里斯河和幼发拉底河流域的古巴比伦文明、尼罗河流域的古埃及文明、印度河流域的古印度文明、黄河流域的华夏文明,无疑均证明了水域是人类文明的摇篮。

随着生产力水平的提高,农业、畜牧业的出现,人们开始主动开发利用自然资源,人一水关系发生了转变,人类开始主动开发利用水,水开始成为社会发展的资源。大禹治水,“高高下下,疏川导滞”,都江堰、郑国渠等一系列水利工程标治着开发利用水资源的成就。这一时期,由于人类开发利用水资源的能力有限,还没有对水资源系统造成较大的破坏。

近代科技进步和生产力水平的巨大提高,人类开始“征服自然”、“统治自然”,随着近代工业的形成和人口膨胀,人类开始了毫无节制地向大自然索取、掠夺,人一水关系也开始出现不和谐。一方面人们对水资源进行掠夺性开发;另一方面大自然开始了对人类的报复与惩罚。目前人一水关系不和谐是人类掠夺性开发利用水资源、破坏水环境与水生态的后果。

20世纪60—70年代,卡逊发表了《寂静的春天》,鲍尔丁提出“宇宙飞船理论”,罗马俱乐部发表了《增长的极限》,联合国教科文组织提出《人与生物圈计划》,等等,人类开始认识到自己征服自然的时代已经过去,开始强调人与自然协调发展,标志着人与自然和谐思想萌芽。我国提出构建和谐社会,是新时期、新阶段我国人与自然关系的深刻反思、科学判断和全面把握,是对我国发展战略的理性调整。人水和谐的新理念是适应和谐社会建设的根本要求。

“水者何也,万物之本源也”。人类文明起源与水结下了不解之缘,水事活动的进行创造了一次次水事文明。在世界上,几乎所有的民族神话传说中,都有关于“大水居先”的记载。中华民族的始祖——神农氏族的炎帝和轩辕氏族的黄帝就分别出生和逝世于长江与黄河流域,并居住在姜水和姬水一带。人类农耕文明的诞生是在受水之利和驱水之害基础上产生的,人类逐水而居是当时经济活动的核心之一。水作为人的对象物,浸透着古今智者博大精深、深厚广邃的人文精神,人类的心理、情绪、意志以及个性、气质、人格,人对客观世界的感知、认同乃至意识与哲理的升华,古往今来皆曾以水为载体而被表达得淋漓尽致。有史记载的文字,大都蕴涵着丰富的“水文化”内容,对水的描写、吟诵、歌咏成为世代文人笔下旷古不衰的文学母题。“知者乐水,仁者乐山”,“上善若水,水善利万物而不争”,“天下之大莫柔弱于水,而攻坚者莫之能胜”,“善哉,水之为厉害也”,“治水者治国”一次次阐述了水与人息息相关的莫逆关系。因水得势,借水言志,以水传情,假水取韵。水,以其原始宇宙学的精髓内涵已渗入人类文化思想的意识深层,在漫漫的历史长河中,伴随着人类的进化以及对自然的认知,由物质的层面升华到一种精神的境界,又通过人的精神主体外化为一种“文化”,人们开始找到了水的真谛。崇水、尚水、治水、用水伴随着人类文明的发展逐渐演绎成融社会内涵、经济功能、政治效应、人文情怀于一体的“水事文化”,成为几千年来主导人水关系协调发展的核心价值观。但是,现代社会科学技术赋予人类丰富的大自然本质的信息而使神秘的大自然日趋明朗,水事文化核心价

价值观出现偏差,衍生了“水适应人为主,人适应水为辅”的主观愿望,从而产生了许多超脱现实的想法,特别是科技的进步更大大滋长了人类征服大自然的幻觉,这种颠倒的人地关系导致了人水关系失调,水文系统日趋失衡。水资源严重短缺、空间分布不均、利用水平低下、浪费严重、开发难度加大、污染未能根本缓解的现实问题日益突出,水资源问题愈来愈成为制约我国经济社会发展的瓶颈所在。人与自然和谐追求的终极目标是经济社会可持续发展。从资源、环境现状以及构建和谐社会的长远目标来看,我国现在必须贯彻以人为本,全面、协调、可持续发展的科学发展观,转变用水观念,弘扬水事文化,加强和完善水资源管理利用,促进人水和谐,以水资源的可持续利用保障经济社会全面、协调、可持续发展。

### 1.3.1 影响人水和谐之不和谐音符

我国水资源开发利用与保护取得了举世瞩目的成就,但是,随着经济的快速发展,一些水资源老问题和原有粗放型的水利发展模式引发的一些新矛盾不断暴露出来,人水关系不和谐的音符突出表现在以下几个方面:

(1) 洪水灾害。我国洪灾遍及全国,受威胁面积超过 100 万  $\text{km}^2$ ,人口、耕地、粮食产量均占全国 80% 以上,工农业产值超过 90%,且大部分集中在江河中下游平原地区,给国民经济和人民生命财产带来巨大安全隐患。毁林开荒破坏大量森林植被,加剧了水土流失,降低了对暴雨的调蓄和缓冲作用,使洪涝灾害日趋严重;围湖造田与水争地,使河道变窄,湖泊淤积,导致蓄洪、滞洪面积缩小,泄洪能力和湖泊调洪能力降低,也是造成洪涝灾害的重要原因。

(2) 水资源短缺。随着人口快速增长和经济的高速发展,农业、工业和生活等方面的需水量也在大幅度攀升,受自然和社会条件的限制,我国供水能力的增长明显跟不上需求增长速度,于是大面积区域出现了不同程度的缺水现象。据分析估计,目前全国按正常需要并在不超采地下水的情况下,年缺水总量大约在 300 亿  $\text{m}^3$  ~ 400 亿  $\text{m}^3$ 。干旱缺水造成的经济损失已经超过洪涝灾害,同时还引发一系列生态环境问题。究其原因,我国水资源的自然条件是一个方面,同时也要认识到人为的因素。我国农业用水技术与管理落后,水资源浪费严重;工业用水设备更新滞后,水重复利用率低;生活用水浪费也很严重。

(3) 水污染严重。我国传统的社会经济发展模式以“高投入、高消耗、高污染”为特点,因此自 20 世纪 80 年代以来水环境形势不断恶化,目前我国水污染形势已十分严峻,全国江河水域普遍受到不同程度的污染。

(4) 水环境恶化。我国由于水资源的特点:人多水少、分布时空不均,加以传统不合理的水资源开发利用方式以及排污等其他人为活动的影响,生态环境问题在很大范围内暴露出来,湖泊和湿地萎缩、河道断流、江河湖海受污染导致生态破坏严重、水土流失量大面广、地下水超采严重、荒漠化等。

### 1.3.2 构建人水和谐之途径

解决人水矛盾,实现人水和谐是我们处理人水关系的核心理念。我们要用系统的观点来看待这个问题,才能够实现人水关系的和谐。一方面,要正确处理人对水的需求;另一方面,要正确对待水环境、水生态的自然规律,维护水环境和水生态的稳定。2006 年 9 月 10 日,第五届世界水大会在京召开,曾培炎出席会议并强调“促进水资源可持续利用,

共建人水和谐社会”。

(1) 促进人水和谐,必须把水资源可持续利用作为我国经济社会发展的战略问题。“天人合一”是中国古典哲学的精髓,“天人合一”就是自然系统和社会系统协调统一,只有两个系统协调统一,可持续发展才有可能。因此,水事文化的真谛就是人水和谐。弘扬水事文化,必须把水资源可持续利用作为我国经济社会发展的战略问题,促进人水和谐,这是坚持和认真落实科学发展观的一项重要任务,是解决我国干旱缺水问题最根本、最有效的战略举措,也是坚持人与自然相和谐观念、实现可持续发展的必然要求,是贯彻落实科学发展观的必然要求。要通过建设节水型社会,使资源利用效率得到提高,生态环境得到改善,可持续发展能力得到增强,实现人与自然和谐相处,促进经济、社会、环境协调发展,推动整个社会走上生产发展、生活富裕、生态良好的文明发展道路。

(2) 促进人水和谐,必须把弘扬水事文化、转变用水观念作为一项关键任务常抓不懈。人对水的依赖正如同一切生物体视阳光、空气为第一需要一样,是必不可少的。人类的繁衍起源于“循水而居”,几大文明古国都发源于大河上下。水是人类的文明的摇篮,在世界闻名的幼发拉底河、底格里斯河、印度河、尼罗河、黄河流域诞生了人类文明,水也成为人类生命的血脉和文明延续的基因。正因为如此,水为智者提供了丰富的文化源泉,智者亦开发了水无穷的文化矿藏,“水事文化”的源流才川流不息、百川汇海,在有着五千年文明历史的华夏文化中占居特殊地位并进而构成人类文明史中光辉璀璨的一页。因此,我们要从传承人类文明的高度,进一步加深对水资源的认识,挖掘、传承中国传统文化中深厚的水文化底蕴,大力弘扬和培育敬水、亲水、爱水、护水的水事文化,创新和探索以水文化、水权、水市场理论为基础的水资源理论体系,加强水资源中长期开发研究和全面规划,努力形成政府关心、群众关注、社会关切的水资源意识,让水资源发挥最好的社会效益、经济效益和生态效益,推动社会主义物质文明、政治文明、精神文明建设与社会和谐建设的全面发展。

(3) 促进人水和谐,必须把水资源的节约和保护放在突出位置。人类认识水的过程是一个动态发展的过程,人类每一次灵性的爆发都伴随着对水的开发和利用,人类生产力的发展带来了一次次“水事革命”。消失的楼兰古国、沉没的巴比伦文明,都在诠释着人类历史上由水而兴、因水而衰的例证。破解中国现实中存在的洪涝灾害、干旱缺水、水土流失、水污染等“四大水问题”,必须重塑人水关系,调整自身行为,减少对大自然的干扰和侵害,实现人水和谐相处,走可持续发展水利之路,其中核心理念就是“坚持人与自然和谐相处”。因此,发展经济必须充分考虑水资源和水环境的承载能力,建立正确的用水观念、科学的用水制度和合理的用水方式,努力跨越“先污染、后治理”的发展阶段,把水资源保护作为全社会共同行为,大力提倡并推行节约用水,对河流的污染实行有效的防治,坚决遏制浪费水资源、破坏水资源的现象,坚决防止发生以牺牲水资源环境为代价发展经济的短期行为,实现水资源的永续利用。

(4) 促进人水和谐,必须把水资源法制监管工作作为中心环节抓紧抓好。我们的家园是一个天人合一的世界,水是大自然馈赠给人类的礼物,因为有了水,使世界变得不再单调,人们的眼中充满了无限的生机。人类不能没有水,保护水是每一个人的责任!我们要积极推进立法,加大监督力度,促进水资源的统一管理,保障水资源的合理开发、充分利用和有效保护:①要进一步完善立法。1988年1月,六届全国人大常委会审议通过了水

法,并于同年7月1日施行。这部法律对规范水资源的开发利用行为、保护水资源、防止水害、促进水利事业的发展,发挥了积极作用。适应当前市场经济体制下的现实需要,我们将以水法为主体,加快法规配套和完善涉水管理制度,完善市场交易规则等制度体系建设,形成比较完备水资源法律、法规与政策体系,为节水型社会建设提供法制保障。②要加大执法监督力度。水事执法监督是水资源开发、利用、节约、保护和防治水害的重要保证。我们将针对各个时期水资源工作的热点、难点问题,认真开展水法律法规的执法检查,严厉打击各种违法行为,维护法律的权威,规范水事秩序。要充分发挥舆论对盲目取水、浪费用水、污染水源的监督力度。③要加强水事调研。围绕人民群众切身利益,组织开展事关水事发展全局的调研活动,掌握反馈水事工作动态。

(5) 促进人水和谐,必须把创新管理模式、优化配置水资源作为关键任务。中国是水利大国,水利古国。几千年的治水史实际上就是人们认识、利用、改造和适应自然的历史。如何认识和处理人与自然、人与水的关系,决定着治水理论的先进程度和水利实践水平的高低。水是直接改造自然服务人类的活动的,要以新的发展思路解决水事面对的问题,实现水事更快更好地发展,首先要从人与自然关系的哲学高度,确立水事发展的核心理念,破解水事管理的樊篱制约。现行《水法》中规定的水资源实行统一管理与分级、分部门管理相结合的管理体制,这种体制的弊端是导致地表水与地下水、供水与排水、水量与水质、城镇与农村的水管理,政出多门,分而管之。因此,我们要大力推进建立流域管理与行政区域管理相结合的管理体制,完善以经济手段为主的节水机制,不断提高水资源的利用效率和效益,促进生态资源和环境保护,公共利益、公共安全等内容的统一。同时,要优化水资源配置,实行流域和区域的水资源统一管理,特别是流域水资源的统一管理,建立权威、高效、协调的水资源管理体制,合理调度和统一管理流域或区域水资源,提高水资源利用效益。



## 第2章 人类水事经济活动

水是生命之泉,是生命活动过程中物质循环和能量传递的媒介与载体。同时,水也是组成环境的基本要素,是生态环境系统中最活跃、影响最广泛的因素,是人类经济活动过程中不可缺少和无法替代的重要资源。山是绿色之源,水是生命之母,没有水就没有五彩缤纷、生机勃勃的“生物圈”,同样,也就不会有地球上的生灵存在。因此,水与地球生物的形成和人类社会文明的进步息息相关。

随着社会经济的高速发展,世界人口的急剧膨胀,环境问题的不断涌现,使得现代社会生产和生活对水的依赖越来越大,水事活动问题,尤其是人类水事经济活动问题,日益成为当代人类社会举世瞩目的重大课题。

人类水事经济活动是指人类在自身的生存和发展过程中所进行的与水有关的经济活动。它的发展一般可以分为3个阶段,即从人类开始治水事业到14世纪末期,被称为古代人类水事经济活动阶段,其标志是以古代水利发展为主要特征;从15世纪到20世纪中期,被称为近代人类水事经济活动阶段,其标志是以大量利用水资源、发展社会生产力、促进产业革命为主要特征;20世纪中期以来至今,被称为现代人类水事经济活动阶段,其标志是以重视人水、水人关系,强调综合效益和可持续发展为主要特征。

### 2.1 古代人类水事经济活动的起源

人类水事经济活动远可回溯到文字创建之前。神话传说中的造人主——女娲,据考证是一位杰出的水文气象学家,她曾炼彩石以补苍天,止淫雨。原始人中的燧人氏和有巢氏、伏羲氏和神农氏,无一不是借助水的功力来推动人类文明社会向前发展的。7000年前,磁山文化时期发现的粮食贮存遗址,表明人类已经懂得了怎样用水灌溉。5000年前的水井和舟船的出现说明人类已经知道如何开采地下水资源和发水上运输。这些都从不同侧面反映出了人类已经具有了水事经济活动的萌芽。

据《尚书·尧典》载,尧舜之时,“汤汤洪水方割,荡荡怀山襄陵,浩浩滔天,下民其咨”,这是对那时发生的洪涝灾害的真实写照。然而,正是由于洪水这一特殊的自然过程,才把人类推上社会文明的历史舞台。最有力的证据是传说中黄帝的后裔——鲧禹父子先后用“蓄”和“泄”的方法来治理洪水,他们从失败走向成功,为后人治水树立榜样。显然,人类从惧怕水、认识水到治理水的过程,实质上就是一个人类水事经济行动形成和发展的过程。

进入原始社会,原始人群出现了“逐水草而择居”的趋势,这一方面是人类生命活动本身离不开水,另一方面则是因为有水草的地方比较容易捕捉到觅水而来的动物和采集到野生植物的果实,这一过程持续到人类进入半农半牧的田园生活为止才宣告结束。为了生产和生活的需要,人类便逐渐定居下来,凡是水环境条件优越的地方,便成为人们聚