

河流开发与 流域生态安全

朱党生 等 编著



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

河流开发与 流域生态安全

朱党生 等 编著



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书从流域角度分析了河流开发的生态效应,建立了符合我国特点的流域生态安全评价关键生态指标体系,提出了水工程规划、设计和调度运用生态保护准则。全书共8章,包括河流开发与保护、河流开发的生态效应、流域生态系统及其生态安全、生态指标体系、关键生态指标、生态指标阈值、流域规划生态影响评价和水工程规划设计生态保护准则。本书内容理论和实践相结合,为我国河流开发及水工程建设的生态安全评价和保护工作提供了理论基础、研究方法和技术指导。

本书可供从事水工程环境评价、管理决策和科学研究的专业人员参考,也可供高校相关专业的师生阅读。

图书在版编目(CIP)数据

河流开发与流域生态安全 / 朱党生等编著. — 北京
: 中国水利水电出版社, 2012. 11
ISBN 978-7-5170-0368-7

I. ①河… II. ①朱… III. ①河流—水资源开发—生态安全—研究—中国 IV. ①TV213.2②X321.2

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第283038号

审图号: GS(2012)894号

书 名	河流开发与流域生态安全
作 者	朱党生 等 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	北京嘉恒彩色印刷有限责任公司
规 格	184mm×260mm 16开本 16.75印张 397千字
版 次	2012年11月第1版 2012年11月第1次印刷
印 数	0001—1500册
定 价	56.00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

编写人员名单

朱党生	郝芳华	廖文根	张建永	史晓新
齐 晔	程红光	李 扬	郝伏勤	李 翀
李国强	罗小勇	孙照东	蒋 艳	王 晓
史常艳	高丽娜	石 伟	欧阳威	邱 凉
刘卓颖	彭期冬	骆辉煌		

前 言

水是生命之源、生产之要、生态之基。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。人多水少，水资源时空分布不均、与生产力布局不相匹配，依然是现阶段我国面临的基本国情和水情。洪涝灾害频繁依然是中华民族的心腹大患，水资源供需矛盾突出仍然是可持续发展的主要瓶颈。河流开发通过对水资源的调控，实现防洪、发电、供水、灌溉、航运等多种功能，可协调人类需求与保护环境的关系，是国家经济社会可持续发展的重要基础。然而大规模河流开发活动将导致流域生态环境的自我调节和自我恢复能力大幅度降低，流域生态安全问题将日益突出。随着工业化、城镇化深入发展，全球气候变化影响加大，我国水资源情势正在发生新的变化，北少南多的水资源格局进一步加剧，不少地区水资源过度、无序开发引发一系列生态与环境问题。

本书从流域的角度全面、科学地评估了河流开发的生态效应，建立了符合我国各类型河流开发与治理特点的流域生态安全评价关键生态指标体系，提出了水工程规划、设计和调度运用生态保护准则，对维护流域生态系统的结构和功能稳定具有重要意义，有利于实现人水和谐，促进经济社会可持续发展。

本书是在水利部水利水电规划设计总院主持的财政部水利公益性行业科研项目《水工程规划设计标准中关键生态指标体系研究与应用》、《全国主要河湖水生态保护与修复规划》等成果的基础上，吸收国内外有关理论和技术，参考有关资料文献编著而成。全书共分为8章，第1章概要介绍了河流开发的必要性，同时在归纳各历史时期水工程发展趋势基础上，总结了河流开发与保护需求的发展和趋势；第2章从生态学的角度论述了河流开发的生态效应；第3章提出流域生态系统的概念，阐述了流域生态安全评价的相关理论、技术和方法；第4章在第3章的基础上构建了生态指标体系；第5章具体阐述了指标体系中各指标的定义、表达式、生态学内涵及应用条件；第6章基于水生态分区对生态指标典型阈值进行研究，并结合实例详细介绍了典型指标阈值的计算方法和应用条件；第7章介绍了流域规划中生态指标体系的应用；第8章

提出水工程生态保护标准体系与相关技术准则。

本书由朱党生主持编撰的全过程策划，并对全书进行统稿、定稿。各章节编写分工如下：第1章由朱党生、郝芳华、张建永、李扬编写；第2章由廖文根、李翀、彭期冬、骆辉煌、史晓新、王晓编写；第3章由郝芳华、齐晔、石伟编写；第4章由朱党生、张建永、程红光编写；第5章由朱党生、史晓新、郝伏勤、程红光、李扬、李翀、孙照东、王晓、刘卓颖、史常艳、高丽娜编写；第6章由朱党生、李扬、程红光、蒋艳、李国强编写；第7章由朱党生、郝芳华、张建永、欧阳威、罗小勇、廖文根、李翀、邱凉编写；第8章由朱党生、廖文根、史晓新、张建永编写。

本书为我国流域开发及水工程建设的生态安全评价工作提供了理论基础、方法和技术指导，既可作为从事水工程环境评价、管理决策和科学研究人员的工具书，也可作为高等院校相关专业的教学参考用书。

本书在编写过程中得到水利部总工程师汪洪，水利部水利水电规划设计总院院长刘伟平、副院长梅锦山、教授级高级工程师曾肇京，中国水利水电科学研究院教授级高级工程师董哲仁以及众多流域机构、科研院校有关专家的大力指导、帮助和支持，特此感谢。

受学识水平所限，书中不妥之处在所难免，敬请专家和读者批评指正。

编 者

2012年3月

目 录

前言

第 1 章 河流开发与保护	1
1.1 河流开发与水工程建设	1
1.2 河流开发与保护的需求	5
1.3 河流开发与保护发展趋势	8
第 2 章 河流开发的生态效应	12
2.1 河流开发对生态的影响途径	12
2.2 河流开发对主要生境要素的效应	16
2.3 河流开发对初级生产力的效应	22
2.4 河流开发对生物多样性的效应	23
2.5 生态效应的特性	27
2.6 三峡—葛洲坝水利枢纽生态效应研究	28
第 3 章 流域生态系统及其生态安全	36
3.1 流域生态系统	36
3.2 河流开发与保护的流域生态安全	46
3.3 流域生态安全评价	51
第 4 章 生态指标体系	62
4.1 生态指标体系构建	62
4.2 生态指标体系结构	64
4.3 水工程规划设计关键生态指标体系	81
第 5 章 关键生态指标	84
5.1 水文水资源	84
5.2 水环境	95
5.3 河流地貌	104
5.4 生物及栖息地	110
5.5 社会环境	123
第 6 章 生态指标阈值	131
6.1 水生态分区研究	131

6.2 水生生态分区的关键生态指标阈值研究 151

第 7 章 流域规划生态影响评价 178

7.1 流域规划生态影响评价概述 178

7.2 水电梯级开发生态累积影响评价技术 182

7.3 河湖生态需水评价技术 189

7.4 重要水生生物生境影响评价技术 210

第 8 章 水工程规划设计生态保护准则 236

8.1 水工程生态保护技术标准体系构建 236

8.2 水工程规划设计生态保护基本准则 241

8.3 水工程生态保护专项标准 246

参考文献 258

第 1 章 河流开发与保护

1.1 河流开发与水工程建设

1.1.1 河流开发的定义与内涵

人类及生物的生存依赖于水和水的循环，河流和湖泊是陆地水循环中最活跃、最重要的载体，也是人类文明发祥的摇篮。河流开发是人类为了满足自身生产生活需要，获得河流、湖泊的水能、水量、水生态等方面的服务功能，避免洪涝灾害所进行的开发和治理活动。河流开发包含获得水能、水量、水生态等方面的服务功能和控制与治理洪涝、干旱等灾害两层含义。

河流开发的内涵主要有：

(1) 河流开发的服务对象是人类，从人类对水能、水资源、水生态等方面的需求出发，开发和使用河湖生态系统的各方面功能。

(2) 河流开发的本质是人类对水的使用与管理，根据使用与管理水的方式进行分类，河流开发活动可分为三类：一是以利用水能资源为主的水电开发活动；二是以利用水资源为主的蓄水、引水等活动；三是为防灾、减灾而进行的河道整治、疏滩、筑堤等河湖形态改造活动。

(3) 河流开发是通过水工程的建设和运行实现的，在流域综合规划、水资源开发利用等规划前提下各类型水工程（枢纽工程、灌排工程、堤防工程等）的建设是实现河流开发的手段。

1.1.2 水工程的类型及特点

根据《中华人民共和国水法》，“水工程是指在江河、湖泊和地下水源上开发、利用、控制、调配和保护水资源的各类工程。”水工程包含两层含义：①水工程是指在江河、湖泊和地下水源上兴建的工程。如在江河、湖泊上建设的水坝、堤防、护岸、闸坝等，以及各类地下水开采工程等。②水工程是以开发、利用、控制、调配和保护水资源为目的兴建的工程。即水工程是人类为了生存和发展的需要，对自然界的地表水和地下水进行控制和调配，以达到防治水旱灾害，开发利用和保护水资源等除害兴利目的而修建的工程。

水工程，按其功能可分为防洪工程、农田水利工程、水力发电工程、水运工程、供水和排水工程、环境水利工程、海涂围垦工程等；按目前水利水电工程勘测设计资质管理有关规定，水利工程划分为水库枢纽工程、城市防洪工程、灌溉排涝工程、河道整治工程、引调水工程、水土保持生态建设工程、围垦工程等类型。

防洪工程指为控制、防御洪水以减免洪灾损失所修建的工程。主要有防洪水库堤防、河道整治工程、分洪工程等。按功能和兴建目的可分为挡、泄（排）和蓄（滞）几类。

农田水利工程是指以农业增产为目的的水利工程,即通过兴建和运用各种工程措施,调节、改善农田水分状况和地区水利条件,提高抵御天灾的能力,以有利于农作物的生产,促进生态环境的良性循环。

水力发电工程是将蕴藏于水体中的位能转换为电能的工程,由一系列建筑物和设备组成。建筑物主要用来集中天然水流的落差,形成水头,并以水库汇集、调节天然水流的流量,基本设备是水轮发电机组。

水运是交通运输事业(铁路、公路、水运、民航、管道等)的重要组成部分。水运工程是指由港口、航道、通航建筑物等组成的水上运输工程系统。

供水和排水工程指为工业和生活用水服务,并处理和排除污水与雨水的城镇供水和排水工程。包括水库、供水排水渠(管)道及泵站等。

环境水利工程主要是指水污染防治、生态保护与修复、水土流失治理等工程,是新兴的综合性工程,是传统水利向现代水利的发展和深化。

海涂围垦工程指围海造田,满足工农业生产、用地需求的工程。

水工程与其他工程相比,具有如下特点:①工程影响面广。水工程规划是流域规划或地区水利规划的核心组成部分,一项水工程的兴建,对其周围地区环境将产生较大的影响,工程既有兴利除害有利的一面,又有淹没、浸没、移民、迁建等不利的一面。②水工程通常规模大,投资高,技术复杂,工期较长。

1.1.3 水工程的发展历程

基于人类对水资源的不同需求水平和对人与水关系不同的认识水平,人类水工程建设历程总体可划分为古代水工程、近代水工程、现代水工程三个大的阶段。

1.1.3.1 古代水工程

世界上古代的水工程已涉及灌溉、排水、防洪、运河、水能利用等方面。

灌溉工程:人类很早就利用河水发展灌溉。四大文明古国都出现在大河流域,以灌溉为古代文明的基础。早期的灌溉都是引洪淤灌。非洲的尼罗河流域早在公元前4000年就利用尼罗河水位变化的规律发展洪水漫灌。两河流域美索不达米亚的幼发拉底河和底格里斯河流域的灌溉,可以追溯到公元前4000年左右的巴比伦时期。南亚的印度河流域在公元前2500年左右已有引洪淤灌。美洲的秘鲁灌溉历史至少在公元前1000年就已开始;皮斯科河谷公元前已有灌溉工程;阿根廷于1577年兴建了杜尔塞河引水工程,等等。这些灌溉工程为人类早期文明的产生和发展起到了重要作用。

排水工程:早期农业是在河流沿岸发展起来的,需要排干沼泽,进行土地垦殖。公元前5世纪中叶,希腊历史学家希罗多德曾记载了尼罗河谷的排水工程,以后罗马的瓦罗在《论农业》一书中提到了修建排水工程的规范。世界上许多早期的城市都有完备的排水系统,如荷兰的排水系统在上世界上享有盛名。

防洪工程:洪水直接威胁人类生存和发展,最普遍的防洪措施就是沿河流两岸修建堤防。公元前3400年左右,埃及人就修建了尼罗河左岸大堤,以保护城市和农田。从巴比伦的《汉穆拉比法典》的有关条款记载中可以看到,公元前2000年左右,美索不达米亚地区已有了比较完整的保护土地的堤防。此外,意大利的波河河谷、法国的低洼地、英国的沼泽地以及巴基斯坦信德省内都有许多古老的防洪堤防。波兰的系统堤防建于12世纪。

运河工程：运河是人工开挖的通航河道，古埃及已有记载，中世纪以后在欧洲得到大发展。世界上最早的通航运河是公元前 1887～前 1849 年古埃及塞劳斯内特三世时期建成的沟通地中海与红海的古苏伊士运河。

水能利用工程：在埃及和美索不达米亚等古文明发源地，利用水力冲动简单固定桨叶水轮来进行农产品加工、灌水和排水的设施，在公元前 1000 年已经出现。欧洲至中世纪已应用得很广泛。一直到近代，许多地区仍在使用。

城市水利工程：早在公元前 2900 年前后，埃及就出现了为孟非斯城供水的工程。2 世纪为雅典城修建的一些蓄水工程一直使用到现在。巴黎的第一个重要输水系统建于 12 世纪，并一直使用到 17 世纪。日本水户的笠原高架水渠建于 1663 年，直到现在还在使用。

我国古代水工程十分丰富，拥有当时世界上一流的科学家和理论、一流的工程和技术，可以代表当时世界的先进水平。起源于黄河流域的中华水文明，是世界水文明的重要组成部分。按照建设的规模和技术特点我国古代水工程，可以分为三个时期：

大禹治水至秦汉时期：这是防洪治河、运河、各种类型的排灌工程的建立和兴盛时期，黄河下游堤防、无坝引水的工程如都江堰、郑国渠、灵渠等，有坝引水的工程漳水十二渠、蓄水工程芍陂、新疆地区坎儿井都始建、兴建于这个时期。

三国至唐宋时期：是水利建设高度发展时期。灌溉工程在全国普遍兴建，如太湖圩田、它山堰；水车、水磨、水碓等利用水能的机械在此时期发明，并广泛推广应用；内河航运网逐步形成，最值得称道的是隋代京杭大运河的开凿。

元明清时期：水工程建设普及时期。这一时期，由于南方经济的发展和人口的增长，长江和珠江的防洪、江浙防潮问题显著，其间兴建的鱼鳞大石塘体现出古代坝工的最高水平，有的至今巍然屹立。边疆水利也有较大发展，其中清前期的宁夏河套灌区建设，清代后期的内蒙古河套灌区和新疆地区灌溉等成绩十分显著。

古人治水实践中值得借鉴的思想有：

(1) 大禹治水在“堵”与“疏”的治水理念实践中，尊重水的自然特性和规律，大禹精神成为了一种水文化象征和治水哲学思想。

(2) 秦国蜀守李冰根据“水顺则无败，无败则可久”的治水思路和“乘势利导，因时制宜”的治水原则，巧妙地利用了岷江出山口处特殊的地形、地势，利用“凹岸取水”“凸岸排沙”的原理，成功实现了排洪、灌溉、除沙三大目标。在建成 2000 余年后的今天，都江堰仍在从容有度地浇灌着“天府之国”的“沃野千里”，发挥着社会、经济与环境、生态、景观、旅游等多种效益。都江堰，2000 年列入世界文化遗产名录，如今是国家 AAAA 级旅游景区、国家级风景名胜区。

(3) 秦汉以后，“以水治水”的思想主要集中在黄河的治理问题上，核心是如何利用河水自身的力量解决黄河泥沙淤积导致决堤泛滥的问题。历史上最具影响的黄河治理思想是“让地与水”与“束水攻沙”两大主张。

1.1.3.2 近代水工程

1824 年，英国人 J. 阿斯普丁发明了硅酸盐水泥，19 世纪下半叶有了远距离运输，出现了钢筋混凝土。20 世纪 30 年代初至 80 年代，以水坝为代表的水工程建设曾是最能激

起人类激情的工程之一，是一个国家国力和科技进步及现代文明的象征。水坝带来的防洪、供水、发电、改善航运等综合效益，成为了各个国家经济发展社会进步的基础与动力来源，大体上，这一时期可称为近代水工程建设时期。

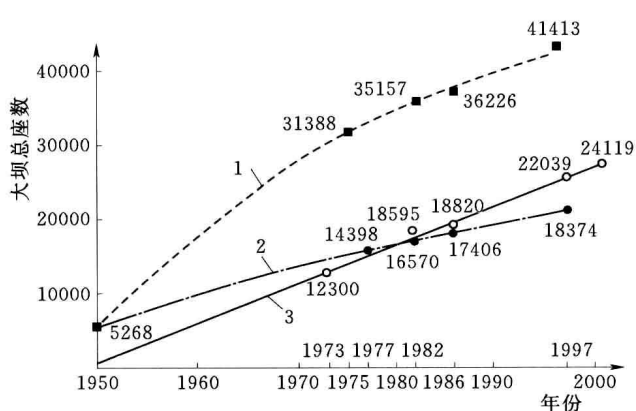


图 1.1 中国与世界大坝数量图

1—世界大坝数量；2—除中国外其他国家大坝数量；3—中国大坝数量

从 20 世纪 50~80 年代，世界上每年落成的大坝有 1000 余座，坝高 15m 以上的大坝有 45000 余座，坝高 100m 以上的大坝 300 余座。全世界以水电为主要能源供应的有 24 个国家，如挪威、巴西等国家。在这些国家高速发展的关键阶段，水坝发挥了巨大的基础支撑作用。中国与世界大坝数量，见图 1.1。

1949 年前，中国仅有大中型水库 23 座，在全国范围内，水旱灾害日益严重，整治江河、兴修水利，已成为广大人民的迫切要求。

新中国成立后，我国水利事业获得全面发展，几代水利人 60 年的艰苦奋斗，使我国水工程建设取得了世界公认的辉煌成就：以防洪减灾和供水发电等功能开发为主的水工程建设硕果累累，大江大河治理与水资源配置的总体框架和防洪、供水、灌溉、发电工程体系基本形成。全国各类水库数量从新中国成立前的 1200 多座增加到 8.6 万多座，总库容从约 200 亿 m^3 增加到 6924 亿 m^3 ；全国建成江河堤防 29 万 km；已建各类水闸 4.4 万座。水电装机容量达 1.72 亿 kW，农村水电装机容量达到 5100 万 kW。我国大江大河主要河段基本具备防御新中国成立以来最大洪水的能力，中小河流具备防御一般洪水的能力，重点海堤设防标准提高到 50 年一遇。中等干旱年份可以基本保证城乡供水安全。目前全国以水库、堤防为主体的防洪工程担负着保护 62 万 km^2 的国土面积、5 亿人口、6.4 亿亩耕地、469 座城市和大量铁路、交通、油田等基础设施的重要任务，防洪保护区内的 GDP 占全国总量的 62%。1949 年以来，全国防洪减淹耕地 24 亿亩，年均减免粮食损失 1029 万 t。在 1998 年防洪中，全国 1335 座大中型水库共拦蓄洪水 522 亿 m^3 ，配合堤防等防洪工程，保障了 200 多座城市、2700 多万人口、3400 多万亩耕地的防洪安全。

水利工程年实际供水能力达 7000 亿 m^3 。我国以世界平均水平 60% 的人均综合用水量，保障了国民经济 3 倍于世界平均增长率的高速增长，累计解决 2.72 亿农村人口的饮水困难和 1.65 亿农村人口的饮水不安全问题，基本结束了我国农村严重缺乏饮用水的历史。全国已建成万亩以上灌区 6414 处，全国有效灌溉面积达 8.77 亿亩，占全世界的 20% 左右，居世界首位。我国以全球约 6% 的径流量，保障了全球 21% 人口的温饱和社会经济发展，农田水利设施发挥了至关重要的作用。

改革开放以来，我国水利水电建设进入快速发展时期，全国电力系统联网建设，将按照“全国联网、西电东送、南北互供”的发展战略，形成以三峡电力系统为核心，向东、

西、南、北四个方向辐射，2020 年前实现全国电力网互联的格局。三峡水电站 2003 年已开始供电，2009 年建成，其电力主送方向是华中、华东和广东。在我国 12 个大水电能源基地中，西部地区的 9 个大水电能源基地的开发，对于我国实施可持续发展和西部大开发战略，以及形成全国电力系统联网，具有十分重要的地位。

根据中国大坝委员会统计资料：2003 年年底我国已建、在建 30m 以上大坝共 4694 座，其中在建大坝 132 座。在建坝比较多的省为：云南 18 座，浙江 13 座，湖北 11 座，贵州 10 座。在建、已建坝中，最高坝为云南的小湾拱坝，高 292m。坝高 200m 以上有 5 座，坝高 150m 以上有 24 座，坝高 100m 以上有 108 座，坝高 60m 以上有 496 座。30m 以上已建、在建碾压混凝土大坝共 64 座，30m 以上已建、在建混凝土面板堆石坝共 145 座。中国至 2002 年底总装机 82700MW，在建 30m 以上大坝装机量为 56300MW，总库容 5843 亿 m^3 （其中在建库容为 1405 亿 m^3 ）。2002 年水电发电量为 280 亿 $\text{kW} \cdot \text{h}$ 。

1.1.3.3 现代水工程

进入新世纪，随着全球气候变化，水旱灾害频发，水资源短缺加剧，以往水工程建设造成的环境问题显现，人们开始反思以往过于注重开发、获取甚至掠夺的河流开发模式，以可持续发展的思想构建水工程建设的新理念，将维持水资源的可持续利用、达成工程与生态环境的和谐作为现代水利的核心理念。水工程建设在观念、技术、管理等诸多方面发生着变革，进入现代水利新时期。现代水利注重河流开发与保护关系的协调，注重整体流域生态系统的维护，在资源开发、江湖治理的同时，更加注重资源的保护和节约，工程与生态环境的协调。

1.2 河流开发与保护的需求

改革开放 30 多年来，中国以世界平均水平 60% 的人均综合用水量，保障了国民经济 3 倍于世界经济平均增长率的高速增长；在连续 30 年保持农业灌溉用水量零增长的情况下，扩大有效灌溉面积 1.2 亿亩，粮食产量提高 50%。中国以全球 6% 的淡水资源、9% 的耕地，保障了全球 21% 人口的温饱和经济发展。然而，我国是一个水旱灾害频繁、水资源短缺且分布不均的国家，长江以北国土占 63.5%，而水资源仅占 19%。同时，年、季降雨变化剧烈。人多水少、水资源时空分布不均、水土资源和生产力布局不相匹配，依然是我国长期存在的突出水情；干旱缺水、洪涝灾害、水污染和水土流失等问题，依然是制约我国经济社会可持续发展的突出因素。水多为患、水少成灾、水污染祸及子孙、水土流失贻害后世已构成了发展的瓶颈。水工程建设是我国未来经济社会发展的必然需求，是现代农业建设不可或缺的首要条件，是经济社会发展不可替代的基础支撑，是生态环境改善不可分割的保障系统，是保障防洪安全、粮食安全、供水安全、能源安全的基础。在未来很长的一段时期内，我国水工程建设面临重大机遇和挑战，主要表现如下。

1.2.1 防洪安全

我国超过 70% 的固定资产、44% 的人口、1/3 的耕地、620 个以上的城市都位于主要河流的中下游，处在大江大河汛期洪水位以下几米甚至十几米。随着我国经济社会发展和

城镇化加速防洪区内的财富和人口持续增加,使防洪安全面临越来越大的挑战。近20年来,由于气候变化和人类活动对下垫面条件的影响,我国水资源情势发生了显著变化,北方地区变化尤其突出,大部分地区水资源数量减少明显。南方大部分地区和北方部分地区降水偏丰,洪涝灾害发生较为频繁。虽然目前我国防御常规洪水的防洪工程体系已经基本完成,防洪能力有了较大提高,但是堤线越来越长、越来越高,洪水蓄泄的空间越来越小,致使许多江河在同样流量情况下,洪水位不断抬高,造成加高加修堤防与抬高洪水位的恶性循环。同时,气候变暖、极端灾害性天气增多、下垫面变化、人类活动加剧等因素将使我国发生大面积强降雨和局部大暴雨的几率及洪灾强度呈加大趋势,防洪减灾的压力将进一步加大,一些沿海城市的防洪、防潮能力亟待加强。

1.2.2 供水安全

我国特殊的气候及地形地貌特征,与水资源条件不相匹配的经济社会发展格局和用水要求,人均水资源量少、年际年内变化大以及连丰连枯明显的特点,使得我国区域间水资源条件差异很大,不但易造成旱涝灾害,也使水资源开发利用难度增大,可利用水量有限。我国水旱灾害不断发生,从北方向南方,从海河跨过黄河,从局部蔓延到全国。农业缺水,进入20世纪90年代每年农田受旱面积4亿亩。工业缺水,每年造成损失1200亿元。城市缺水,全国600多座城市半数缺水,严重缺水的城市有100多座。此外,我国许多城市 and 用水中心位于江河沿岸,水源单一且脆弱,遇水污染等突发事件将对供水构成严重威胁。随着社会和经济的发展,在考虑节水情况下,到21世纪中期总的水需求将由现在的5800亿 m^3 上升到8000亿 m^3 。干旱和缺水已成为社会经济发展的主要约束,特别是稳定的农业发展的主要约束。

与用水量增长趋势一致,城镇生活污水和工业废水排放总量也呈现快速增长的趋势,严重的水污染使有限的水资源变得更加短缺。近20年来,我国地表和地下水体受到严重污染,且水污染趋势仍在不断加剧。全国工业和城镇生活废污水年排放量从1997年的584亿t增加到2008年的758亿t。根据水资源综合规划调查成果,在调查评价的29万km河长中,污染河长已达9.7万km,2008年全国近15万km评价河流中,水质为Ⅳ类以上的占39%,不仅城市河段污染严重,其他河段以及中小河流污染也相当严重。总体而言,水污染的范围在不断扩大,程度在不断加剧,对供水安全构成越来越严重的威胁。

1.2.3 粮食安全

新中国成立以来,我国共兴建万亩以上灌区5579个,总面积3.37亿亩;累计打机井355万眼,井灌区面积2.12亿亩。全国有效灌溉面积由新中国成立前的2.4亿亩,增加到目前的8亿多亩;节水灌溉从无到有,目前节水灌溉面积已达2.28亿亩,其中喷灌、滴灌和微灌等现代化节水灌溉面积2600万亩,管道输水灌溉面积7800万亩,渠道防渗面积1.24亿亩。

我国能以占世界不足10%的耕地养活占世界22%的人口,使13亿人口解决温饱问题,这是世界瞩目的巨大成就,这其中,水利发挥了重要作用。

然而,目前我国每年仍有2.66亿亩耕地遭受旱灾,人增地减水缺矛盾日益突出,半数耕地靠天吃饭,限于自然、水土及环境条件,发展新的灌区越来越困难。已建灌区灌排

系统不完善，特别是渠系利用系数低，水量浪费大，可持续性差。改变传统灌溉模式，发展高效节水灌溉任重而道远。

1.2.4 能源供应和水力发电

现阶段，我国的电力结构仍以煤炭和石油等化石能源为主，其中，煤炭发电比例高达80%，这种以化石燃料为主的能源供给模式，所引发的全球气候变化等一系列生态环境问题，已影响了我国社会经济的可持续发展。水能资源开发具备清洁、稳定、安全、持续、可再生、经济性等优点，是目前技术最成熟、最有可靠性，且唯一可大规模开发的可再生清洁能源。水电在调整能源结构、减少化石能源消耗、缓解环境污染、降低温室气体排放等方面将发挥不可替代的作用。新中国成立60年来，水电在我国减少温室气体排放、应对全球气候变化等方面发挥了巨大作用，水电是世界上主要能源之一，提供了全球大约1/5的电力，在可再生能源发电量中占95%。我国水能资源理论蕴藏量为6.8亿kW，技术可开发量为5.4亿kW，目前已开发量为1.9亿kW。发展低碳能源经济已成为中国的基本国策。按照我国节能减排的能源产业政策，水电将作为我国重要的清洁可再生能源代替燃煤发电，根据2007年8月颁发的《可再生能源中长期发展规划》，我国今后大型水电站建设的重点是金沙江、雅砻江、大渡河、澜沧江、黄河上游和怒江等重点流域。到2020年，全国水电装机容量达到3亿kW，其中大中型水电2.25亿kW。由于水利水电建设的重点主要集中在金沙江中上游、澜沧江中上游、怒江等生态环境比较敏感的地区，在保护生态的前提下，有序开发水电资源是这些地区水能利用的先决条件。如果不能处理好生态环境保护问题，将直接影响我国水利水电的开发程度。

1.2.5 生态安全

由河流、湖泊等水域及其滨河、滨湖湿地组成的水生态系统是自然生态系统的重要组成部分，是水生生物的重要环境。我国水生态状况总体呈恶化趋势，特别是北方干旱半干旱区、半湿润区，生态环境比较脆弱，对人类活动干扰的反映剧烈，一旦遭到破坏，很难恢复。我国北方地区由于长期干旱缺水，为了维持经济社会的发展，不得不依靠大量挤占生态环境用水和超采地下水，导致河流断流干涸，绿洲和湿地萎缩、湖泊干涸与咸化、河口生态恶化等问题凸显；部分江河源头区水生态功能衰退，水源涵养能力降低；部分地区地下水超采严重，地下水位大幅度下降，地面沉降与塌陷，海水入侵，生态环境不断恶化；不合理的人类开发与建设活动对流域生态系统破坏，导致河流及河湖连通性降低、生境破碎化和生物多样性减少，物种濒危和灭绝；人与自然之间，地区之间和城乡之间争水矛盾日益突出。随着经济社会的快速发展和人类活动的加剧，对水资源的需求不断增加，水生态环境的压力不断加大，维系良好水生态环境、促进水资源可持续利用的任务更加艰巨。

必须认识到水工程的建设在带来巨大经济效益的同时，对生态环境建设具有正面的作用，包括：有利于改善水库周边自然环境；调节改善缺水地区下游用水，改善河道内生态环境，利于沿岸缺水地区的生态建设；在黄河等多沙河流上的水库可有效拦沙减淤；在海河流域等严重缺水地区，充分利用地形，结合蓄滞洪区调整，兴建滞洪水库，利用中小洪水资源，减少蓄滞洪区的使用几率，具有良好的生态环境效益。通过建设水工程，结

合人工湿地等生态修复工程,可以缓解水污染,改善水环境。近年来,水利部开展引江济太、南四湖应急补水、扎龙湿地补水、引岳济淀等一系列生态环境修复与治理,取得了明显成效。通过加强流域水资源统一调度,黄河已实现了连续多年不断流;对黑河流域、塔里木河流域实施的综合治理和水资源统一调度,使流域下游地区生态得到了修复;扎龙湿地补水等生态补水工程,拯救了生态和珍稀动物;先后确定了江苏无锡市等10个城市作为全国水生态系统保护和修复试点;一些地方部门相继实施了与河湖水系连通有关的河湖治理,如太湖流域、武汉东湖等。这些工作为系统研究水工程生态保护提供了宝贵的经验和有益的实践探索。

现阶段,生态环境和移民安置所引发的社会问题,已成为制约我国水工程建设的制约瓶颈。水工程建设对生态的影响也越来越引起有关部门和公众的重视。水工程建设改变了水资源的时空分布,不同程度的影响河流形态、生物群落及其生境等诸多方面,对流域或区域的生态和环境造成冲击,甚至威胁其生态安全。但相当一段时期,我国在水工程的规划、设计、建设、运行中对生态环境保护问题认识不足,相关基础研究工作滞后,与水工程建设相关的生态保护技术标准体系不健全,现有的水工程规划设计技术标准和规范中缺乏基本的生态安全保障条款,造成水利规划、水工程设计及项目审查中缺乏具体的技术依据。此外,目前参照或执行的有关河流生态需水确定、水生生物保护等方面的技术规定存在脱离水工程特性和流域水资源利用实际的问题,造成水工程建设与生态保护脱节。如何实现水工程建设的同时,保护好生态环境,实现可持续发展,是我国水利事业面临的重大课题。

综上所述,随着我国人口增长,城镇化进程的不断加快,国民经济的快速发展,全面建设小康社会的不断推进,低碳能源建设的深入开展,水工程建设是我国未来经济社会发展的必然需求,是保障防洪安全、粮食安全、供水安全、能源安全的基础。水工程规划建设需要从全流域的视野出发,将河流作为一个完整的社会、经济、生态复合系统,协调经济发展与生态保护的需求;从预防、减缓、修复三个方面促进水生态保护与恢复,将生态保护的理念融入水工程规划、设计、建设、运行的全过程。迫切需要树立现代人水和谐的水工程规划设计的理念,在流域规划编制、规划环境影响评价、大中型水工程设计中迫切需要开展相关技术创新。

1.3 河流开发与保护发展趋势

1.3.1 世界各国河流开发与保护发展趋势

目前,世界各国河流开发与保护的总体趋势是加强对水资源的流域综合管理,尤其在水资源已高度开发的区域。在这些高度开发的区域,由于水资源往往被过度开发,导致水质、水量、水生态环境及社会经济都面临严峻挑战。流域管理者必须处理上、下游之间高度复杂的相互关系及水资源开发对水文、生化和生物过程的影响,协调人类经济活动与河流、湿地和湖泊生态健康之间的水管理关系等。这些问题不仅挑战着发达国家的水资源管理者,也挑战着经济日益飞速增长同时又严重缺水的发展中国家水资源管理者。

2008年,作为可持续发展委员会第16次会议的一部分,联合国水机制(UN-Wa-

ter) 对全球国家水资源综合管理计划执行情况进行了调查,发现 27 个发达国家中的 16 个、77 个发展中国家中的 19 个完全或部分执行了水资源综合管理计划,见表 1.1。流域水资源管理已成为国外水资源管理公认的工作框架。要使人类需求和环境保护得以协调,就需要一个流域级的多学科程序和所有受影响者的充分参与机制。在方法上,流域水资源开发强调以整体方法为基础,强调部分与整体之间的协调,这对防止河流开发对社会、经济、人群健康和生态系统的稳定性产生不利影响是必要的。进行流域层面上水资源开发有三大优点:①整个流域构成一个水文单元,成为统一的供水水源;②人的活动影响着有机体及其周围环境间的相互关系,因此应该采取措施保护整个流域的生态系统;③以超越国界的思维实现对河湖的可持续开发。

表 1.1 部分国家流域水资源统一管理历史

国 家	流域水资源综合管理
西班牙	有 9 个流域管理机构有超过 75 年的历史
法国	建有 6 个流域议会和 1 个用水者协会
德国	北莱茵—威斯特伐利亚州的 11 个流域机构之一的鲁尔协会 (Ruhrverband) 于 1899 年创建
美国	田纳西流域管理局成立于 1933 年
澳大利亚	1992 年墨累—达令河流域协议授权墨累—达令河流域委员会承担协调、规划和可持续管理水、土地以及环境的责任

在流域水资源综合管理的基础上,发达国家河流开发与保护的工作都已取得了更新、更快的进展,管理策略更科学、技术方法更先进,监测手段更科学。发达国家的一些河流开发与保护的经验和教训,见表 1.2。

表 1.2 部分发达国家河流开发与保护经验

国家	河流开发与保护的经验和教训
美国	美国的水资源管理策略为开发新一代水资源监测技术,开发并推广可提高供水稳定性的技术,研发水资源利用的新技术和新方法,加强对水生态系统服务及用水需求的了解,改善水文预测模型及其应用等
英国	英国实行以流域为基础的水资源统一管理,中央对水资源按流域统一管理与水务私有化相结合的管理体制。国家环境署的主要职责是制定水法,执行环境标准,发放取水 and 排污许可证,实行水权分配、污水排放和河流水质控制等
日本	日本的水资源管理体制是“多龙治水、协同管理”,注重水资源的长远规划,并通过法律使其成为国家意志。开发先进的节水、治污技术,重视中水、雨水的回用,利用经济杠杆调节用水量

将传统的河流开发与现代的河流开发作对比,后者在诸多方面都有变革和改进,见表 1.3。

表 1.3 传统河流开发与现代河流开发的对比

项 目	传 统 河 流 开 发	现 代 河 流 开 发
研究范围	河段式河流	全流域
基本哲学	改造自然	与自然和谐共存
开发目标	资源	资源+环境+生态