



● 水利部国际合作与科技司 编著

DANGDAI SHUILI KEJI QIANYAN

当代水利科技前沿



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

TV-1
S673

● 水利部国际合作与科技司 编著

当代水利科技前沿



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

图书在版编目 (CIP) 数据

当代水利科技前沿 / 水利部国际合作与科技司编著.
北京: 中国水利水电出版社, 2005
ISBN 7-5084-3209-6

I. 当... II. 水... III. 水利工程—研究—中国
IV. TV

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 093004 号

书 名	当代水利科技前沿
作 者	水利部国际合作与科技司 编著
出版 发行	中国水利水电出版社 (北京市三里河路 6 号 100044) 网址: www. waterpub. com. cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 63202266(总机)、68331835(营销中心)
经 售	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	北京市兴怀印刷厂
规 格	889mm×1194mm 16 开本 29.75 印张 880 千字
版 次	2006 年 1 月第 1 版 2006 年 1 月第 1 次印刷
印 数	0001—3000 册
定 价	68.00 元

凡购买我社图书, 如有缺页、倒页、脱页的, 本社营销中心负责调换
版权所有·侵权必究

当代水利科技前沿

编委会名单

主 任 刘 宁

副 主 任 高 波 董哲仁

委 员 (按姓氏笔画排序)

王美婷	关业祥	朱寿峰	匡尚富	吴宏伟	张金宏
张瑞凯	陈明忠	周明勤	庞进武	武文相	赫崇成

水利科技发展战略研究

课题组名单

课题组组长 董哲仁

课题组成员 (按姓氏笔画排序)

王光纶	王光谦	王 浩	石秋池	刘国纬	孙云志
孙荣久	张有天	张国新	李 锐	李广信	李纪人
杨启贵	肖焕雄	连 煜	邵明安	陆桂华	陈 进
陈式慧	陈祖煜	陈清濂	姚文艺	姜树海	胡四一
夏 军	徐麟祥	翁立达	谈英武	郭 军	高占义
黄 河	程晓陶	董哲仁	廖文根	蔡跃波	

课题组办公室主任 陈式慧 (兼) 程晓陶 (兼)

课题组办公室成员 倪 婧

《当代水利科技前沿》编写人员名单

全书统稿人 董哲仁 陈式慧

第一章	水文学及水资源
	执 笔 人 胡四一 刘国纬 夏 军 吴永祥 张蔚榛
	参与编写人员 陈清濂 陆桂华 黄 河
第二章	水生态与水环境
	编 写 人 廖文根 董哲仁 彭 静 石秋池
	参与编写人员 翁立达 郭 军 唐克旺 连 煜
第三章	防洪减灾
	执 笔 人 程晓陶
	参与编写人员 陈清濂 陈肇和 吴兴征 万洪涛
第四章	农村水利
	执 笔 人 高占义 龚时宏 谢崇宝 王少丽 郭中小 刘文朝
	参与编写人员 许 迪 李久生 康绍忠 梅旭荣 刘群昌 胡亚琼
	黄介生 荣生邦 黄 斌
第五章	工程水力学
	执 笔 人 郭 军 李 云 李 嘉 王兴勇 李桂芬
	参与编写人员 胡亚安 宣国祥
第六章	河流泥沙
	执 笔 人 王光谦 夏军强
	参与编写人员 韩其为 陈 立 姚文艺 周建军 吴保生
第七章	水土保持
	执 笔 人 邵明安 上官周平 王全九 张兴昌 李世清
	参与编写人员 李 锐
第八章	水工结构
	执 笔 人 王光纶 张国新 张有天
第九章	岩土工程
	执 笔 人 李广信
	参与编写人员 陈祖煜 蒋国澄 张建民 林鸿州
第十章	水利工程施工
	执 笔 人 陈 进 肖焕雄
	参与编写人员 刘少林 周良景 等
第十一章	水工材料
	执 笔 人 蔡跃波 林宝玉 孙红尧 朱亚仙 鄢 俊
	参与编写人员 王兴会 陶同康 钱文勋
第十二章	地质勘探
	执 笔 人 孙云志 魏岩峻 陈德基
	参与编写人员 周乐群 王军怀 王秋明
第十三章	信息技术应用
	执 笔 人 李纪人 潘世兵
	参与编写人员 孙荣久 陈德基

序

用科学发展观和人与自然和谐相处的理念正确认识并妥善处理水利事业发展中所面临的问题，勇于挑起水利水电建设和生态保护两副重担是当代水利工作者义不容辞的光荣职责。人与河流的关系，集中反映了人与自然的关系。寻求河流的开发与保护的平衡点，已经成为关系人口、资源、环境和经济社会可持续发展的重大问题。

科学技术是第一生产力。当代科学技术不仅是改造自然、开发江河、造福人类的强大工具，更应该帮助人们全面认识自然、认识河流生态系统，友好地善待自然、善待江河，以理性的精神实现人类活动的自律，为实现人与自然的和谐相处提供全新的理念、策略和技术。

我国水利科技经过 50 余年的发展，已经取得了巨大的成就。特别是长江三峡和黄河小浪底等大型水利工程的成功建设，标志着我国在水利水电工程技术领域已经达到了世界先进水平。我们可以毫不夸张地说，我国水利工程界已经掌握了在各种复杂的环境下建设大型水利水电工程的完整的先进技术。但是，应该指出，在人口—资源—环境的可持续发展研究领域，特别是在水资源的可持续利用，水域生态系统修复和水污染防治，洪涝灾害的预测、预报和预警，以及洪水管理等许多科学领域，我国与发达国家还存在着不同程度的差距，我国水科学研究还需要进一步加强。在今后的水利科技发展中，必须高度重视宏观问题的探索，在更大的时空尺度上研究水、生态系统、社会经济之间的关系；高度重视自然科学、工程技术，以及社会、人文科学的交叉、融合与渗透；高度重视高新技术特别是信息技术的应用；高度重视科技的原始创新。

为配合国家科技发展中长期规划的编制工作，由水利部国际合作与科技司主持的“水利科技发展战略研究”工作，历时近两年，组织了几十位各个学科的专家，完成了科技发展战略研究总报告。其中，

为深入掌握国内外水利科技的当今水平和发展趋势，在广泛调研的基础上，编写了《当代水利科技前沿》专著。该专著是水利科技发展战略研究的重要基础成果之一，它凝聚了数十位专家的心血。专著全面深入地阐述和分析了国内外水科学发展动向，具有科学的严谨性；同时又面对我国水利发展的热点、难点问题以及科技需求，具有明确的针对性。该专著对于探索我国水利科技发展的方向、重点领域和关键技术，无疑具有很重要的科学价值和应用价值。

中国是一个水利大国，多样性的江河湖泊、快速发展的经济社会，为水利科技进步提供了波澜壮阔的舞台。可以预见，在新的历史时期，我国的水利科技会有一个跨越式的发展。

素丽生

2005年10月

前言

进入 21 世纪，全世界面临着水问题的空前挑战。我国作为和平崛起的大国，正处于全面建设小康社会的关键时期。受人类活动与气候变化的影响，我国面临着水资源短缺、水环境恶化、水灾害频繁、水土流失加剧等问题。同时伴随城市化进程加速与温饱问题的基本解决，全社会对水安全保障的需求又不断提高。水问题作为困扰我国经济社会发展的瓶颈问题，已经引起了社会各界的广泛关注。以水资源的可持续利用支持我国经济社会的可持续发展，已经成为全社会的共识。应对水危机的严峻挑战，必然要遵循科学治水的原则，需要科学技术的强大支撑。加速发展水利科技不仅是水利建设的需要，也是我国经济社会发展的需要。

为了从宏观、全局、战略的高度，围绕水利发展的热点、焦点和难点问题，凝练我国水利科技发展的方向、重点领域和关键技术，为国家中长期科学和技术发展规划提供咨询和建议，同时也为“十一五”重大科技的立项做准备，水利部国际合作与科技司于 2003 年 9 月启动了“水利科技发展战略研究”课题。来自科研、设计、管理部门和大学的三十几位专家组成了课题组。课题组以开放的方式开展工作，以求博采众长，集思广益。课题广泛地吸收一批专家参加了研究和报告编写工作，还邀请一批院士、专家进行研讨、咨询和评审，参与课题研究工作的专家逾百人。

课题研究始终把科学技术与经济社会发展紧密结合，与国家安全紧密结合，与可持续发展紧密结合的原则；面向国家长远发展的战略需求，面向世界科技发展前沿，面向未来 20 年全面建设小康社会的需要。课题研究鼓励科技创新，促进学科间的交叉与融合。在课题研究过程中充分发扬学术民主、鼓励争鸣，努力创造一个有利于新思想、新观点产生与发展的环境与氛围。

世界水科学进展日新月异，新理论和新技术层出不穷，学习和借鉴世界各国的经验非常重要。作为课题的基础，是对于国内外水利科技的发展进行充分的调研，掌握水利科技发展的现状和趋势，以瞄准和跟踪国际学科前沿，制定我国的水利科技发展战略。《当代水利科技前沿》是水利科技发展战略研究课题的重要成果之一。

本书是集体智慧的结晶，课题组专家通过大量调查研究和研讨，收集和整理了数千篇参考文献，系统分析了水利科技国内外的最新进展，介绍了国际社会关注的水资源开发、利用与保护中科技热点与难点问题，可为关注我国水资源可持续利用的社会各界人士参考。

全书按照水利学科的分支学科共分为十三章。第一章：水文学及水资源；第二章：水生态与水环境；第三章：防洪减灾；第四章：农村水利；第五章：工程水力学；第六章：河流泥沙；第七章：水土保持；第八章：水工结构；第九章：岩土工程；第十章：水利工程施工；第十一章：水工材料；第十二章：地质勘探；第十三章：信息技术应用。

在本书的编撰过程中，得到了部领导的高度重视。汪恕诚部长多次作出重要批示，索丽生副部长、刘宁总工多次听取课题研究成果汇报。部科学技术委员会会议对书稿进行了审查。课题组专家们付出了辛勤的努力和劳动，先后召开了五次研讨与咨询会，又将初稿先后印发三次征求意见，收到咨询、修改意见逾百件，并进行了认真的吸纳和反复修改，最终形成了《当代水利科技前沿》书稿。在此，谨向参加课题研究和讨论、咨询的专家们表示衷心的感谢。同时，对给予这项工作大力支持的中国水利水电科学研究院、南京水利科学研究院、水利部科技推广中心等单位一并表示感谢。

尽管在书稿编写过程中我们力求全面准确、兼收并蓄，但仍难免挂一漏万，恳请各界读者批评指正。

水利部国际合作与科技司

2005年10月

目 录

序 前言

第一章 水文学及水资源

摘要	1
1.1 水文学及水资源学科概述	2
1.1.1 学科背景及其重要性	2
1.1.2 学科体系与研究范围及任务	3
1.2 国际水文科学的近期进展和发展方向	5
1.2.1 国际水文研究计划	5
1.2.2 国际水文科学的发展方向	6
1.2.3 国际水文科学研究的热点和难点	7
1.3 国内近期水文学研究综述	9
1.3.1 水文循环研究	9
1.3.2 地表水文研究	12
1.3.3 地下水和土壤水文学研究	15
1.3.4 应用水文学研究	19
1.3.5 水问题研究	21
1.4 水文学研究现状与存在问题及研究前沿	22
1.4.1 研究现状	22
1.4.2 存在问题	22
1.4.3 研究前沿	23
1.5 国际水资源研究的近期进展与发展方向	23
1.5.1 国际水资源研究的新进展——可持续水资源管理	23
1.5.2 国际水资源研究的热点和难点	27
1.6 国内近期水资源研究综述	28
1.6.1 水资源评价	29
1.6.2 西北地区水资源合理开发利用与生态环境保护研究	29
1.6.3 全国水中长期供求计划研究	30
1.6.4 六大江河和若干湖泊的治污研究	30

1.6.5 中国工程院重大咨询项目——中国可持续发展水资源战略研究	31
1.7 水资源研究现状与存在问题及研究前沿	31
1.7.1 研究现状	31
1.7.2 存在问题	32
1.7.3 研究前沿	32
1.8 水文学及水资源学科的发展战略与研究需求	33
1.9 战略重点与重大课题	34
1.9.1 战略重点——节水防污型社会建设与水安全保障	34
1.9.2 重大课题	34
1.10 结语	37
参考文献及参考资料	37
Abstract	39

第二章 水生态与水环境

摘要	41
2.1 水生态与水环境研究进展综述	42
2.1.1 概述	42
2.1.2 国际前沿研究	42
2.1.3 发展趋势	45
2.1.4 国内外研究差距	46
2.2 水生态与水环境应用基础研究进展	47
2.2.1 概述	47
2.2.2 不同水环境中污染物的迁移转化	47
2.2.3 水体富营养化	50
2.2.4 生物多样性及水利工程长期生态学效应	52
2.2.5 河道生态需水量及关键生物生态水力学	53
2.2.6 河流生态系统健康与水利水电规划的生态环境影响评价	55
2.2.7 高新技术应用及流域水环境模拟	58
2.3 河流生态修复	59
2.3.1 生态恢复的缘起	59
2.3.2 河流生态恢复的目标	61
2.3.3 河流保护行动的发展阶段	63
2.3.4 小结	66
2.4 与可持续发展相关的水利科技理论研究综述	67
2.4.1 概述	67
2.4.2 水生态与水环境承载力	68
2.4.3 水生态系统与水环境的价值化	69
2.4.4 水生态与水环境标准体系	69

2.4.5 可持续发展的水生态系统管理模式	70
2.4.6 循环经济	71
2.4.7 水环境与经济协调发展的理论研究趋势	71
参考文献及参考资料	71
Abstract	74

第三章 防 洪 减 灾

摘要	75
3.1 概述	76
3.2 发展现状与趋势	77
3.2.1 国内外防洪减灾领域发展的总趋向	77
3.2.2 国内外防洪减灾科技发展的现状和趋势	80
3.3 主要热点与难点问题及研究重点	86
3.3.1 防洪减灾战略调整与洪水风险管理	86
3.3.2 重大突发性洪水灾害的应急管理	87
3.3.3 蓄滞洪区、滩区、圩垸的合理发展与减灾模式	88
3.3.4 城市型水灾害与防洪减灾对策	90
3.3.5 防汛指挥系统现代化体系	91
3.3.6 实现洪水资源化的对策措施	92
3.4 主要经验和实例	93
3.4.1 美国洪泛区管理与洪水保险体制的沿革	93
3.4.2 日本治水计划的沿革及经验教训	95
3.4.3 越南因地制宜推进防洪减灾战略的做法及经验	97
3.4.4 南美国家城市化引起的治水新问题及对策	98
3.5 小结	98
参考文献及参考资料	100
Abstract	103

第四章 农 村 水 利

摘要	105
4.1 农业节水	106
4.1.1 概述	106
4.1.2 国内外农业节水研究的趋势及热点问题	107
4.1.3 农业节水领域国外发展的现状与我国的主要差距	111
4.1.4 我国农业节水领域中存在的主要技术问题	116
4.1.5 小结	121
4.2 农田排水	122

4.2.1	概述	122
4.2.2	国内外发展现状及趋势	122
4.2.3	农田排水技术领域中的重大技术问题及研究内容	125
4.2.4	小结	127
4.3	大中型灌区管理现代化	127
4.3.1	概述	127
4.3.2	国内外灌区现代化管理的现状及发展趋势	128
4.3.3	灌区现代化管理的重大科技问题及研究内容	133
4.3.4	小结	133
4.4	农村供水	133
4.4.1	概述	133
4.4.2	国内外发展的现状及趋势	134
4.4.3	小结	136
4.5	牧区水利	137
4.5.1	概述	137
4.5.2	国内外研究的现状及发展趋势	137
4.5.3	牧区水利发展的主要经验和实例	138
4.5.4	牧区水利的重大科技问题及研究内容	139
4.5.5	小结	139
	参考文献及参考资料	140
	Abstract	142

第五章 工程水力学

摘要	143
5.1 高水头大流量泄流水力学	144
5.1.1 概述	144
5.1.2 泄洪消能	145
5.1.3 泄洪冲刷	153
5.1.4 水流的空化空蚀与减蚀措施	156
5.1.5 泄水建筑物的流激振动	158
5.1.6 泄洪雾化	159
5.1.7 水力学原型观测	161
5.1.8 水力学数字实验室	162
5.1.9 我国水工水力学研究的发展趋势	163
5.2 通航船闸水力学	165
5.2.1 概述	165
5.2.2 输水系统水力学	165
5.2.3 输水阀门水力学	167
5.2.4 引航道水力学及其他水力学问题	169

5.2.5 未来船闸水力学研究重点	170
5.3 长距离调水工程中的水力控制	170
5.3.1 概述	170
5.3.2 长距离调水工程中的水力控制问题及其研究进展	170
5.3.3 长距离调水工程深埋长隧洞输水的明流与压力流研究	172
5.3.4 长距离调水工程中的水力摩阻问题	172
5.4 生态环境水动力学的研究进展	172
5.4.1 概述	172
5.4.2 羽流特性的理论研究与实践	173
5.4.3 污染物质的迁移、扩散、降解及水质模型研究	174
5.4.4 水污染控制与水环境容量	177
5.4.5 生态水质模型与生态水力学	178
5.4.6 生态环境水力学的发展需求	179
5.5 水信息学的发展	179
5.5.1 概述	179
5.5.2 水信息学及其主要研究内容	180
5.5.3 水信息学的进展	180
5.5.4 我国水信息学的未来	182
参考文献及参考资料	183
Abstract	187

第九章 河流泥沙

摘要	189
6.1 河流泥沙的研究历程	190
6.2 我国河流泥沙研究的成就	191
6.2.1 河流泥沙运动力学的基本理论	191
6.2.2 高含沙水流的运动机理与理论	196
6.2.3 河流模拟	198
6.2.4 水库泥沙	200
6.2.5 河道演变	201
6.2.6 治河工程	202
6.3 河流泥沙研究的新趋势	204
6.3.1 传统的基础理论	204
6.3.2 流域模型——数字河流系统	205
6.3.3 河口海岸泥沙运动力学	206
6.3.4 河流动力地貌学	206
6.3.5 环境泥沙生态学	207
6.3.6 水资源开发利用对河流演变和生态环境的影响	208
6.3.7 流域管理	208

6.4 结束语	209
参考文献及参考资料	209
Abstract	216

第七章 水土保持

摘要	219
7.1 概述	220
7.2 国内土壤侵蚀与水土保持的发展现状及趋势	220
7.2.1 土壤侵蚀的区域分布规律	220
7.2.2 土壤侵蚀类型的复杂多样性	223
7.2.3 水土流失的主要危害	224
7.2.4 国外土壤侵蚀的研究现状及趋势	226
7.2.5 我国土壤侵蚀的研究现状及趋势	227
7.2.6 我国水土流失的治理成效	232
7.2.7 土壤侵蚀研究的展望	233
7.3 小结	235
参考文献及参考资料	236
Abstract	239

第八章 水工结构

摘要	241
8.1 综述	242
8.1.1 水工建筑物的发展历程	242
8.1.2 坝工建设的发展趋势	246
8.1.3 水工结构研究的热点问题	246
8.2 大体积混凝土应力与开裂的分析方法研究	247
8.2.1 混凝土材料本构关系的研究	247
8.2.2 应用线弹性断裂力学模拟混凝土开裂的研究	249
8.2.3 应用非线性断裂力学模拟混凝土开裂的研究	250
8.3 大体积混凝土的温度应力及其控制	253
8.3.1 大体积混凝土裂缝的成因及防裂措施	253
8.3.2 碾压混凝土的温控防裂特点	254
8.3.3 温度场和温度应力的仿真分析	255
8.3.4 今后的研究课题	257
8.4 高混凝土坝地震响应的分析研究	257
8.4.1 坝体结构与地基的动力相互作用	258
8.4.2 库水动水压力对坝体地震响应的影响	259

8.4.3	坝体的动力非线性反应分析	261
8.4.4	高混凝土坝地震响应分析的其他相关问题	262
8.5	碾压混凝土坝	263
8.5.1	碾压混凝土坝的特点及发展概况	263
8.5.2	高碾压混凝土重力坝的层面抗滑稳定	266
8.5.3	碾压混凝土拱坝	267
8.5.4	碾压混凝土的施工特点	267
8.5.5	碾压混凝土坝尚待解决的问题	268
8.6	水工结构的科学计算	268
参考文献及参考资料		270
Abstract		274

第九章 岩土工程

摘要	275
9.1 概述	276
9.2 水利工程中的土工结构物	277
9.2.1 高土石坝工程	277
9.2.2 堤防工程	290
9.3 岩体工程	293
9.3.1 地下工程	293
9.3.2 岩质边坡工程	295
9.4 环境岩土与地质灾害	297
9.4.1 环境岩土工程	297
9.4.2 地质灾害	298
9.4.3 岩土工程的风险分析与风险管理	300
9.5 国内外的研究差距与展望	302
9.5.1 岩土工程建设的可持续发展问题	302
9.5.2 地下工程建设的发展	302
9.5.3 岩土工程的基础性研究与信息化	303
9.5.4 岩土工程建设的体制与管理及技术标准	303
9.5.5 西部大开发对我国岩土工程研究的推进	304
参考文献及参考资料	304
Abstract	306

第十章 水利工程施工

摘要	309
10.1 我国水利工程施工技术的历史进程	310

10.2	基础工程	310
10.2.1	岩石地基处理	310
10.2.2	覆盖层处理	312
10.2.3	锚固支护技术	315
10.2.4	隧道掘进机	316
10.3	堤防工程	317
10.3.1	垂直防渗技术	317
10.3.2	土工合成材料应用	318
10.3.3	堤防质量检测技术	318
10.4	导截流工程	319
10.4.1	施工导流	319
10.4.2	施工截流	320
10.5	大坝施工	322
10.5.1	面板堆石坝施工	322
10.5.2	碾压混凝土坝施工	323
10.5.3	常规混凝土施工	325
10.5.4	预应力混凝土	326
10.6	地下工程	326
10.6.1	地下厂房	327
10.6.2	水工隧道	327
10.6.3	地下工程支护	328
10.7	爆破技术	329
10.7.1	爆破理论研究新进展	329
10.7.2	爆破实践探索新进展	332
10.8	施工管理	333
10.8.1	进度管理	334
10.8.2	质量管理	335
10.8.3	信息管理	336
10.8.4	安全管理	336
10.9	未来需要研究的科技问题	337
10.10	小结	339
	参考文献及参考资料	339
	Abstract	341

第十一章 水 工 材 料

摘要	343
11.1 概述	344