

中国水利百科全书

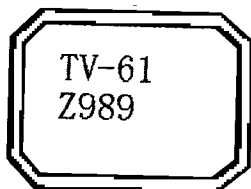


# 水力学、河流及海岸 动力学分册

主 编 左东启  
副主编 汪德燿 顾家龙 唐洪武



中国水利水电出版社  
www.waterpub.com.cn



中国水利百科全书

# 水力学、河流及海岸 动力学分册

主 编 左东启

副主编 汪德燿 顾家龙 唐洪武



中国水利水电出版社

[www.waterpub.com.cn](http://www.waterpub.com.cn)

## 内 容 提 要

本书是《中国水利百科全书》按分册出版的 21 个分册之一，内容包含水力学、河流动力学及海岸动力学三大部分。水力学是水利技术人员应熟悉的基础知识，从水静力学、水动力学、水运动学的理论推导到水力要素量测和水力模型试验的实践技能；河流动力学主要论述河床演变、泥沙运动与水库淤积的规律；海岸动力学探讨了潮汐、波浪的形成、河口及海岸岸滩的演变。可供从事水利水电工作的技术、研究人员和相关专业的大专院校师生查阅，也可供社会各届人士求知。

### 图书在版编目 (CIP) 数据

中国水利百科全书·水力学、河流及海岸动力学分册/  
左东启主编. —北京: 中国水利水电出版社, 2003  
ISBN 7-5084-1063-7

I. 中... II. 左... III. ①水利建设—中国—百科全书②水力学—中国—百科全书③海岸—动力学—中国—百科全书④河流—流体动力学—中国—百科全书  
IV. TV-61

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 071519 号

书 名	中国水利百科全书 水力学、河流及海岸动力学分册
作 者	主编 左东启 副主编 汪德耀 顾家龙 唐洪武
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: <a href="http://www.waterpub.com.cn">www.waterpub.com.cn</a> E-mail: <a href="mailto:sales@waterpub.com.cn">sales@waterpub.com.cn</a> 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	北京密云红光印刷厂
规 格	787mm×1092mm 16 开本 26.5 印张 628 千字
版 次	2004 年 11 月第 1 版 2004 年 11 月第 1 次印刷
印 数	0001—3300 册
定 价	76.00 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

## 编辑出版人员

总 编 辑 史梦熊  
副 总 编 辑 孔令文 彭志豪  
编 辑 部 主 任 史梦熊 谢良华  
编 辑 部 副 主 任 牛慧兰  
责 任 编 辑 徐 青 彭志豪 郑哲仁  
特 约 编 辑 金 炎  
索 引 编 辑 郑哲仁  
封 面 设 计 曲大鹏 王 鹏  
版 式 设 计 王国华  
插 图 设 计 樊启玲  
责 任 校 对 张 莉 黄淑娜  
出 版 印 制 黄勇忠 刘 萍 赵兰英  
排 版 中国水利水电出版社微机排版中心

# 《中国水利百科全书》第二版

## 编辑委员会

名誉主任 钱正英 杨振怀

特邀顾问 张含英 严恺 张光斗 林秉南 陈赓仪 潘家铮 陆佑楣

主任 汪恕诚

副主任 徐乾清 高安泽 顾浩 董哲仁 朱尔明 戴定忠 周大兵  
汤鑫华

委员 (按姓名笔画排序)

王学鲁 王晓东 邓坚 朱尔明 任建华 刘杨 刘震

刘鸿志 刘雅鸣 汤鑫华 许新宜 孙继昌 严大考 李东序

李代鑫 李永安 李宏男 李国英 李菊根 吴斌 吴季松

汪洪 汪恕诚 张野 张长宽 张红兵 张志彤 张瑞凯

陆承吉 陈云华 周英 周大兵 周学文 练继建 姜建军

贺平 袁驹 顾浩 党连文 钱敏 徐乾清 高波

高而坤 高安泽 高季章 郭建堂 谈广鸣 矫勇 董哲仁

蒋旭光 程回洲 童建栋 蔡其华 蔡焕杰 薛建枫 戴定忠

全书主编 徐乾清

全书副主编 郑连第 史梦熊 吴以鳌 左东启 窦以松 任光照

常务副主编 郑连第 史梦熊

# 水力学、河流及海岸动力学分册

分册主编 左东启

副主编 汪德耀 顾家龙 唐洪武

撰稿人 (以姓名笔画排序)

王虹	王义刚	王木兰	王玲玲	王锦生	尹学良	毋建国
左东启	卢汉才	卢永生	田立言	冬俊瑞	吕国芳	竺慧珠
任汝述	刘家驹	江春波	许玉林	孙小鹏	李玉柱	李玉梁
李安中	李永祥	李志岩	李葆鉴	李耀中	肖佐庭	汪德耀
张庄	张兆祺	张永良	张君伦	陆琦	陆德超	陈长植
陈先朴	陈永灿	陈国祥	陈惠泉	茅泽育	周名德	周家宝
周雪漪	周耀庭	郑楚佩	胡诚义	姜树海	钟修成	俞国青
洪广文	索丽生	夏维洪	顾家龙	柴恭纯	徐群	徐明才
徐基丰	徐金环	唐洪武	黄继汤	龚崇准	常福田	董曾南
蒋超	程丽	谢金赞	蔡名扬	蔡志长		

审稿人 (以姓名笔画排序)

左东启	汪德耀	刘忠潮	陈国祥	李昌华	张二骏	唐存本
唐洪武	徐友仁	徐基丰	顾家龙	常福田	黄继汤	曾庆华
谢金赞	窦以松	薛朝阳	薛鸿超			

# 第一版序

水利在人类发展史中占有显著的地位，在中国的发展史中更起着特殊的作用。中国拥有 960 万  $\text{km}^2$  的国土面积，她幅员辽阔、物产富饶，为中华各族人民提供了繁衍生息的空间。但是，由于水土资源分布不均，只有在除水害兴水利的条件下，中国的土地资源才能得到开发利用。在中国历史上，兴修水利是中华民族生存发展的首要条件。五千年来，正是依靠水土资源的不断开发，中华民族才得以持续发展，并成为世界上人口最多的国家。不论是江河中下游的辽阔平原，还是山峦沟壑间的层层梯田，以至荒漠戈壁中的片片绿洲，在这广袤的大地上处处屹立着我们历代祖先艰苦创业的水利丰碑。

兴修水利，与水旱灾害作斗争，历来是安邦治国的重要措施。《管子》一书中说：“善为国者，必先除其五害”，“除五害之说，以水为始”。因此，水利的兴衰与社会的治乱相互影响。到鸦片战争以后，由于国势衰败，不但不能发展水利，甚至原有的水利设施都残破失修，水旱灾害日趋严重，江河洪水泛滥，旱时赤地千里。到 1949 年中华人民共和国成立前夕，兴修水利、整治江河，已成为广大人民的迫切要求。

中华人民共和国成立后，广泛兴修水利，大力整治江河，取得了举世瞩目的成就。截至 1988 年，全国共整修和新建了江河湖海堤防 20 万  $\text{km}$ ；建成大、中、小型水库 82 937 座，总库容 4 504 亿  $\text{m}^3$ ；建成万亩以上灌区 5 302 处，机电排灌能力 6 437 万  $\text{kW}$ ；水电装机 3 270 万  $\text{kW}$ ；内河通航里程 11 万  $\text{km}$ 。通过以上设施，初步

控制了水旱灾害，开始了水资源的综合利用，主要江河初步形成了防洪体系。全国的灌溉面积从1949年的2.4亿亩增加到7.2亿亩，并改造了低洼易涝耕地2.8亿亩。全国粮食产量从1949年的11320万t增加到40745万t。中国以占世界7%的耕地，养活了世界22%的人口。在大力兴修水利中，勘测、水文、规划、设计、施工、管理、科研、教育等方面都得到了相应发展，培养了大批水利人才，建设了一支有相当水平的水利队伍。水利建设为中国40年来的社会经济发展做出了应有的贡献。

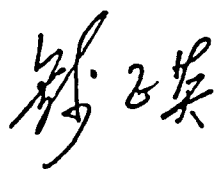
但是，由于人口膨胀、对水土资源过度和不合理的开发，经济发展和江河的自然演变，中国水利的未来形势仍很严峻，水利工作任务重道远。中国的人口已超过11亿，估计到本世纪末将超过12亿，在今后半个世纪内，将超过15亿。为此，中国的粮食生产必须再上两个台阶，到本世纪末达到5亿t，今后半个世纪内达到6亿t。由于耕地资源有限，必须大力提高现有耕地的产量，辅以合理地开发荒地，这些都要求有相应的水利措施。中国的江河治理虽取得初步成就，但防洪标准不高，江河湖海的自然演变又产生许多新的问题。中国人均占有的水资源，仅为世界人均的1/4。如何合理地开发利用和保护水资源，满足日益增长的需水要求，创造最大的经济、社会和生态效益，是摆在水利工作者面前的重大课题。总之，随着社会主义建设的深入发展，对水利工作的要求将越来越高。我们必须坚定不移地坚持改革开放，吸收国内外的先进经验，检查和调整水利工作的方针政策，提高科学技术和经营管理的水平，努力开拓水利事业的新局面。

《中国水利百科全书》是全面总结中国和世界各国水利事业经验和水利科学技术成果的重要文献，本书的出版是中国水利界的一件大事。中国历来重视水利文献的编辑出版，为后人留下了丰富的水利典籍。从汉代的《史记·河渠书》到清代的《行水金鉴》，记



载了中国历代的治水学说、重大事件和主要成就，起到了中国古代水利百科全书的作用。现在，中国的水利建设已经大大向前发展。人们早就希望，中国的水利界能发扬古代重视编纂水利文献的传统，吸取各国编纂近代百科全书的经验，编纂出版一部当代中国的大型水利百科全书，本书正是这方面可贵的成果。从1985年7月开始，历时5年，本书编委会和编辑部组织了全国有关专家、教授和工程师、经济师700多人参加撰稿、审稿，完成了这部600多万字的巨著。全书内容以中国为主，面向世界，全面地介绍了水利事业的历史和现状，汇集了有关专业的基本知识，反映了当代水利科学技术的水平。这是一部集水利精英的集体创作，不仅对水利专业人员有阅读参考的价值，而且将有助于社会各界对水利的了解和研究。当然，编纂这样一部巨著，毕竟还是一个新的尝试，大家还缺乏经验，不足之处在所难免。

我相信，随着水利事业和水利科学技术的不断进展，《中国水利百科全书》一定会在大家的关心下，继续修订，日臻完善，更好地为水利部门和全社会服务，发挥它更大的作用。

A handwritten signature in black ink, consisting of three characters: '陈子真' (Chen Zhen).

1990年11月15日

## 第二版序

《中国水利百科全书》经过十年积累、探索和实践，在新世纪之初，全新面貌的第二版适时地出版了。这是中国水利界和出版界的一件大事，我表示由衷的祝贺，并有幸为之作序。

历史告诉我们，水资源和水环境支撑着人类的文明。纵观人类开发利用水资源的水利活动，大致经历了三个不同的阶段：在原始水利阶段，主要解决人类的生存问题，以人适应水的自然状况为特征；在传统水利阶段，人类积极开展水利工程建设，体现以人改造和利用水资源和水环境为特征；在现代水利阶段，进行水资源的优化配置，实现水与经济、社会、环境持续协调发展，人与水的关系以改造和适应相结合。在上一个世纪里，科学技术取得长足进步，水利科技的理性认识也日趋成熟，水利工程建设取得了空前的辉煌成绩。但是，毋庸讳言，以往在人类创造巨大财富的同时，人类赖以生存的自然资源和生态环境却遭到了十分严重的破坏。在20世纪里，世界半数湿地消失了，一半河流被污染，水灾害造成的损失显著增加，水行业面临普遍的危机。面对日益严峻的水环境态势，人类终于为水而忧起来。有远见卓识的科学家们聚会论道，集思广益，于是在我们共同的地球上，出现了一系列亘古未有的议题和命题。从成立国际水资源协会，到第1次世界水会议；从联合国全球环境与发展大会通过《21世纪议程》，到世界水论坛和部长级会议发表《海牙宣言》；1993年以来，每年还增加了一个节日——“世界水日”（3月22日）。20年的呼喊，告诉人们：人类是从属于自然界的，应当与自然相和谐，终于引发出一个根本的变革，人类认

识到应当一改以往的经济社会发展模式，立即实施“可持续发展”。

中国幅员辽阔，江河纵横，水旱灾害频繁，历代皆以治水兴邦立国，产生过一系列科学先进的治水理论，先民创造了无数充满智慧的造福千秋的水利业绩。中华人民共和国成立以来，水利建设也取得了无愧古人、光照世界的成就。50年来，累计修建加固堤防27万 km，治理水土流失面积78万 km<sup>2</sup>，建成大中小型水库8万多座，初步控制了大江大河的常遇洪水（小于20年一遇），形成了5 600多亿 m<sup>3</sup>的年供水能力，灌溉面积从1 600万 hm<sup>2</sup>扩大到近5 400万 hm<sup>2</sup>（包括农、林、牧），并为城市和工业的发展提供了水源。全国用水量从1949年的1 000多亿 m<sup>3</sup>增加到2002年的5 497亿 m<sup>3</sup>，其中城镇生活用水占5.8%，农村生活用水占5.4%，工业用水占20.8%，农田灌溉用水占61.4%，林牧渔用水占6.6%。全国人均综合用水量从不足200m<sup>3</sup>，增加到428m<sup>3</sup>。这些进步，为保障中国经济迅速发展和社会长期稳定创造了条件。但是，中国水利仍面临着多方面复杂的问题：防洪安全缺乏保障，水资源紧缺和用水浪费并存，水土资源过度开发造成了生态环境的恶化，水污染到了极为严重的程度，水危机已成为中国可持续发展的重要制约因素。

针对中国水资源面临的洪涝灾害、干旱缺水、水环境恶化三大问题以及其他诸多问题，中国水利发展总的战略应当是以水资源的可持续利用支持中国社会经济的可持续发展。为此，须要水利工作实现多方面战略性的转变，包括防洪减灾方面人与洪水协调共处，农业用水方面建设节水高效的现代灌溉农业和现代旱地农业，城市用水方面节流优先、治污为本、多渠道开源，防污减灾方面以源头控制为主，水资源配置方面要保证生态环境用水，水资源的供需平衡方面要以需水管理为基础，有步骤地推进南水北调解决北方水资源短缺，开发利用西部水资源要与生态环境建设相协调。

《水百》第一版面世十年来，世界和中国的水利形势都发生了巨大的变化。中国在所有的国家中率先制定了国家级的可持续发展的纲领——《中国 21 世纪议程》，提出了中国可持续发展的总体战略、对策和行动方案，其中重要的一个部分是有关水资源的。中国明确了水利作为国民经济和社会发展的基础设施的地位，以三峡水利枢纽、南水北调工程为代表的一批大型水利工程开工兴建，《中华人民共和国水法》、《中华人民共和国防洪法》等一批重要法律法规颁布实施，以法治水的法律体系已经初步形成，水利科学技术大发展，水利投资体制有了根本改变，水资源一体化管理改革正在逐步推开。与此同时，中国经受了 1991 年淮河和太湖洪水、1998 年长江和嫩江、松花江洪水等一系列特大洪水的考验，也遭遇持续干旱、黄河断流等危难与尴尬。人们从现实中深切地认识到，水是人类生存的生命线，是经济发展和社会进步的生命线，是实现可持续发展的重要物质基础。当代中国水利正面临着最好的机遇，全社会对生态和环境建设空前重视，水利已成为人们关注的焦点；国家对水利的投入加大，达到了新的高度；西部大开发，水利是先行，任重道远；中国加入 WTO 后，为提高经济竞争能力，也迫切要求加大水利基础设施建设。水利形势喜人。

在新世纪伊始，《中国水利百科全书》与时俱进，及时以新的版本面世。一如既往，《中国水利百科全书》是全面总结中国和世界各国水利事业经验和水利科学技术成果的重要文献。与第一版比较，第二版在许多方面有了较大的改进补充和提高。第一，扩充了内容。增加了“著名水利工程”和“地方水利”两个突出实用性的分支。各原有分支适时适量地补充了新的条目，弥补了第一版的一些疏漏。第二，更新了资料。对原有的条目尽可能更新资料和数据，以全面反映近十年来水利科技的新发展、新知识。第三，增加了载体。除了出版传统的纸质印刷本外，还出版电子版光盘。第

四，出版了分册。总知识容量的增加，使全书达到全字顺编排六卷本。为了专业读者使用的方便，按照学科专业出版了众多的分册。第五，全面提高质量。在吸收读者的意见和建议，总结第一版编纂经验和吸收国内外百科全书编纂经验的基础上，以及电子计算机等新科技在编辑、校对、排版、印刷等环节的普遍应用，使全书质量得到了很大提高。

编纂《中国水利百科全书》是中国水利系统的一项艰巨的大型文化工程，是一项功在当代、利及千秋的浩大活动。参加撰稿、审稿工作的专家、教授、学者千余人，集中了水利系统的许多精英，其中包括中国科学院和中国工程院的院士，他们多数年逾花甲，不乏耄耋长者，殚思极虑，孜孜以求，历时数载，可敬可佩；也有许多颇有造诣、思想新进的青年学者参与，埋头苦干，精益求精，体现了水利事业的活力和希望。我们应该感谢他们。

《中国水利百科全书》第二版的出版，为水利工作者和一切关心水利的读者提供了又一新的知识和信息宝库，相信它会给水利的教学、生产、科研、管理等工作带来帮助。鉴于水利是很广泛的一个学科领域，也是既大众又很特殊的一个行业，编纂水利百科全书具有首创性，本版还会有许多不足和疏漏，希望广大读者多多支持关心它，使之不断总结经验，不断修订再版，发挥应有的作用。

汪恕诚

2003年9月10日

# 前 言

本分册是《中国水利百科全书》中基础学科的一部分，也是最具水利专业特色的基础学科。根据水利专业技术人员和广大读者的需要，联系考虑全书各学科分支的配置组合，分列为水力学、河流动力学和海岸动力学三部分。这三个部分是最基础性的，又是与实用水利科技联系最密切的，其条目也足以覆盖全面水利专业中这三个学科分支的基本内容。

力学是自然科学、物理学中最基础的研究物质机械运动规律的科学。从古至今，一切水利活动，如汲水、提水、输水、蓄水、排水等涉及浮力、压力、动力等性质的行为都必须应用水力学，而这又是结合水利实践和水利需求而发展提高的。

《中国水利百科全书》第一版编撰时建立了本分支的学科条目体系，组织了撰稿队伍，进行了反复修改，对条目的选取和释文的阐述比较丰富、适当、全面、简洁，符合当时的科技水平，满足一般水利科技人员的需要。本分支第2版系在第1版成果的基础上，总结了问世10年来取得实践应用的经验而重新修订的。

自1999年秋冬接受《中国水利百科全书》第2版编委会交给本分册的编撰任务后，主编、副主编先学习有关决议和编纂文件，初步对第一版条目进行研究分析，对照10年来及今后水力学等在中国水利事业中的应用进展情况，制订编写框架，确定对条目的保留、小改、大改、合并、删除或新增，物色扩大作者队伍。

在第一版的撰稿工作中，水力学基础部分主要由清华大学、水力学试验和量测部分主要由南京水利科学研究院、河流动力学和海岸动力学部分主要由河海大学分别承担。直接参加撰写的约30余人，第二版增加20余人，总共近70人。其中前辈专家3位已不幸辞世，增加的多为中青年学者。通过修订更新内容，也扩大培养了具有编纂能力的中青年专业技术

队伍。

2001年2月进行初审，8月复审，2002年3月终审。除全书副主编主持终审，本分册主编、副主编和编辑部责任编辑参加外，先后聘请了14位有关领域的著名资深专家审阅，并参加讨论修改，共同定稿。在几次审改过程中，还邀请有关专家对某些专题进行通信审稿和咨询座谈探讨。

“百科全书”应具有严谨的典范性和长期传承的稳定性。但某一特定时期的作品也必具有各个时代的特点。在本书第一版问世以后10余年间，科学技术获得了长足的进步，其中最为明显突出的：一是信息科学及计算技术的发展，一是经济、社会可持续发展中关于资源、环境的研究。在水利科学中所体现的重点也主要是仿真模拟、数值计算的推广、提高和水资源、水环境的重视、加强。因此，对与之有关的条目补充和释文篇幅增大较多。对传统理论中的紊流机理、挟沙水流结构、波浪潮流等的新概念、新方法，作了适当增加或进一步细致深化。对高新技术在实验量测设备和技术中如图像显示、激光、超声等条目，对生产建设中采用的创造性成果，如高速水流空化、空蚀，孔板消能，海图深度基准面等，都增加更新了条目。本分册共474个条目，其中新增的条目58条，约占12.2%。

关于水库、坝区及下游的淤积、溯源和沿程冲刷、河床粗化，以及水流与泥沙的调蓄和调度的研究，是近10年中集中研究的课题。但由于若干重要水利枢纽尚未最后完工或运行管理时间太短，系统的规律性尚不够充分成熟，在本分册中还来不及作较全面的阐述，预计到再下一版将是增添的重要内容。

在《中国水利百科全书》其他诸分册中都要应用和涉及基础学科的内容，特别如“水文水资源”、“水工建筑物”、“灌溉与排水”、“水力发电”、“航道与港口”、“城乡供水与排水”、“水利工程施工”乃至“水利管理”，都各有其专门水力学的研究和计算方法。本分册中只撰写最基础、最具有普遍意义的基本概念和理论、现象和方法，使其与其他分册既紧密联系和配合，又尽可能避免庞杂和重复。

本分册是《中国水利百科全书》的一个组成部分，一个系列环节。在全书编委会、主编的领导下，将原书一个分支的内容裒辑成一个分册出

版。感谢第一版担任编撰的专家、学者、编辑出版人员的辛勤努力，没有他们就没有本版工作的立足基础。感谢各有关高等学校、科研院所、主管部门的支持，感谢力学和水利科学诸领域的研究和建设单位及专家的热心支持指导，没有他们就缺少对本版编撰工作的启迪和依靠。

由于水平所限，难免存在讹误和疏漏。本分册既是隶属于全书的一个枝干，又是具有一定独立性的读物；既有互相联系参见的优势，也可能有孤单割裂的缺陷，诚恳欢迎广大读者和专家批评指正。

2002年8月



# 凡 例

一、《中国水利百科全书》按学科内容分 21 个分册。本书为其中的一个分册，内容包括本分册学科的核心知识领域。为了知识的完整性，也适当引进了与其他分册相关学科交叉的边缘领域。

二、本书以条目作为基本知识单元和基本寻检单元。每个条目主要由条题和释文组成。条题包括汉字标题及其汉语拼音和外文译称（除原苏联、朝鲜专有名称分别沿用俄文、朝鲜文外，其他外文译称均采用英文。个别条目难以给出外文译称的暂不附）。释文中包含必要的图表，篇幅较大的条目设置有释文内的层次标题。部分条目的释文后附有参考书目，是供读者深入学习知识主题、开阔眼界的图书。

三、本书条目按学科体系分类，顺序排列。正文前的“条目分类目录”给出了本分册学科体系的脉络层次及条目所在页次。对无释文的条目，在其后夹注被参见条目的名称及其所在的页次。

四、本书设有少量没有具体释文的条目。当两个条目的含义完全相同时，其中一条作为“参见条”，在参见条的条题后注明“见××××（指被参见条的条题，用楷体字排印）”，例如：“岩溶 见喀斯特”。当一个条目的知识内容基本包含在另一条目释文中时，也作为参见条，在参见条的条题后注明“参见××××（指被参见条的条题，用楷体字排印）”，例如：“正常蓄水位 参见水库特征水位”。

五、一个条目的释文内容涉及其他条目，需由本书或其他分册的相关条目补充的，作出“参见”标示。当被参见的条题在本条释文中出现时，该条题用楷体字排印，例如：“在山丘区有山洪、泥石流、山体坍塌灾害”；当被参见的条题未在本条释文中出现时，另加括号注明，该条题用楷体字排印，例如：“金开始筑堤，至清康熙、乾隆年间，堤防逐渐完善（参见北京市防洪）。”