

长江水利委员会
大中型水利水电工程技术丛书

水文分析计算与水资源评价

季学武 王俊 等 编著



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

长江水利委员会
大中型水利水电工程技术丛书

水文分析计算与水资源评价

季学武 王俊 等 编著



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

图书在版编目 (CIP) 数据

水文分析计算与水资源评价/季学武等编著. —北京:
中国水利水电出版社, 2008
(长江水利委员会大中型水利水电工程技术丛书)
ISBN 978-7-5084-5389-7

I. 水… II. 季… III. ①水文分析②水文计算③水资源—
综合评价 IV. P333 TV211.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 038679 号

书 名	长江水利委员会大中型水利水电工程技术丛书 水文分析计算与水资源评价
作 者	季学武 王俊 等 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)、68367658 (营销中心)
经 售	北京科水图书销售中心 (零售) 电话: (010) 88383994、63202643 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	184mm×260mm 16 开本 34.75 印张 824 千字
版 次	2008 年 6 月第 1 版 2008 年 6 月第 1 次印刷
印 数	0001—2500 册
定 价	90.00 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

大中型水利水电工程技术丛书

编辑委员会

主 任 文伏波

副 主 任 郑守仁 傅秀堂 洪庆余

委 员 潘天达 王忠法 陈雪英 成昆煌 刘一是

季昌化 郑允中 张继良 马建华 杨 淳

夏仲平 李常发 赵纯厚 钮新强 岳中明

郭熙灵 郭 玉 翁立达 袁达夫 徐麟祥

宋维邦 程卫民 董学晟 季学武 陈德基

周少林 杨甫生 魏山忠 胡甲均 史光前

秘 书 长 赵纯厚

秘 书 廖志丹 刘国利 龚国文

本书编著者名单

章 次	作 者
1	季学武
2	熊 明
3	熊 明
4	熊 明
5	季学武 熊 明 徐高洪
6	王 俊 陈桂亚
7	熊 明
8	季学武
9	陈剑池
10	金蓉玲 王政祥
11	熊 明
12	熊 明 陈 晖
13	郭海晋 金栋梁 万咸涛 刘予伟 王政祥
14	石国钰 陈剑池 许全喜 金栋梁 季学武
统稿	季学武 王 俊 熊 明 陈剑池

序

水资源既是基础性的自然资源和战略性的经济资源，又是生态与环境的控制性要素。在社会经济和科学文化进步的历史长河中，兴水利、除水患一直是治国安邦的基业。已有 2000 多年历史的都江堰、灵渠，1400 多年的大运河，汉唐以来长江干支流堤防工程的不断修筑，至今令人瞩目。

随着人类的繁衍、科技的进步和生产力的提高，人类对水资源数量、质量的需求和开发利用的规模与日俱增。温室气体过量排放，对水资源的无序开发和过度利用等因素导致全球气候变暖，水文气象极端事件加剧，使洪涝、干旱、水土流失和水体污染等水问题频发，影响生态环境，有碍经济社会的可持续发展，威胁人类自身安全。因此，水资源和水问题已成为社会公众和政府部门关注的热点。以水资源综合利用、优化配置和生态环境有效保护作为江河流域和湖泊湿地等水体治理开发的目标，已成为社会共识。水文和水资源信息是水资源规划、配置和水工程设计、管理最基本的依据。水文分析计算与水资源评价工作不仅具有科学技术意义，而且具有深远的社会经济和生态环境价值。

长江流域幅员辽阔，降雨丰沛，地理位置居中，是我国经济最发达的地区之一，在我国水资源优化配置和经

济社会可持续发展中占有极为重要的战略地位，但同时也存在降雨时空分布不均，暴雨洪水分布甚广，中下游洪涝、上中游突发性山洪和旱季城乡缺水等威胁严重的自然灾害。

中华人民共和国成立后，长江水利委员会（以下简称长江委）于20世纪50年代和80年代，编制和修订了长江流域综合利用规划，综合治理长江的关键性工程——长江三峡工程，其主体工程已开始初期蓄水运行；解决我国北方水资源严重短缺的南水北调的中、东线工程正在兴建。与此同时，流域内各地群众性水利和农林工程蓬勃兴起。这些已建的大中小型水利工程在防治洪旱灾害、促进社会经济发展和改善生态环境等方面发挥了巨大的综合效益，长江的治理开发已进入到了一个新的阶段。但是，我们清醒地看到，长江流域洪水灾害仍是心腹之患，水资源开发利用和生态文明建设任重道远，水资源浪费和水生态环境恶化不容忽视。回眸1998年长江流域大洪水，中游干流洪水及其重现期远小于1954年的特大洪水，但干流荆江和武穴—九江河段的最高洪水位均显著高于1954年，究其原因，湖泊围垦、江滩造地等人水争地活动改变了江湖洪水蓄泄关系是重要因素。我们务必重视水资源开发利用与水环境变化的相互协调，以求河流生命健康，流域经济社会可持续发展。

中华人民共和国成立不久，长江委迅即成立专门机构，组织专业队伍和技术力量，深入调查搜集长江干流及主要支流历史洪枯水资料，整理汇编实测水文资料，编制流域水文站网规划，增设水文站点，设立暴雨径流和水土蒸发等实验站，组建河床观测实验站，设置重点工程水文水资源专用站网，制定水文技术标准，并组织长江源和水利化影响等多种专门考察。长期以来，研究改进水文泥沙观测设备设施，开发应用当代高新测验技术，研发应用现代水文数学模型和数字信息技术，初步建立起由水文、水质、河道信息采集和洪水预警、水文分析、水资源评价等构成的水文服务保障体系。为长江流域干支流规划、工程设计、科学研究和水工程运行以及流域水资源管理奠定了信息基础，为防洪减灾和水资源优化配置提供了可靠依据。水文科技是长江委水利水电技术的优势之一，鉴于此，长江委技术委员会按照“长江水利委员会大中型水利水电工程技术丛书”的编撰宗旨，组织编写了《水文分析计算与水资源评价》一书。

本书将现代水文水资源科学技术理论与我国当前流域规划、工程设计、科学研究和工程运行实践紧密结合，全面、系统地总结了长江委水文分析计

算和水资源评价科技方面的基本经验，阐明了水文计算和水资源评价的基本理论、概念和方法；深入介绍基本资料收集、整理和水文系列可靠性、代表性、一致性论证；强调流域自然地理状况和水文气象基本规律的分析研究；详细论述水文设计应根据流域特征、工程任务和资料条件，因地制宜，采用不同途径、多种方法（或模型）综合分析；强调设计过程和环节的科学性、可靠性和设计参数及成果的合理性；全面介绍水资源数量、质量和水环境评价的原理、方法和我国水质、水环境评价标准；简述河流水资源可利用量、河道生态需水量以及水环境容量计算方法；同时介绍了新一轮（1956~2000年水文系列）长江流域水资源评价基本结论。本书论述气候变化和人类活动对水文循环过程的影响，以大量实际资料分析了水库工程、水土保持措施和森林覆被的水文效应，计算了三峡水库入库水沙和库区淤积的变化和影响；估算了温室效应对南水北调中线水源区可调水量的影响等。本书既介绍了现行规范规定的水文分析计算理论、方法，同时针对水文不确定性特征，介绍了水文随机模拟、洪水风险分析、气候—水文模型耦合等新理论、新方法。

《水文分析计算与水资源评价》编著者由老中青专业人员组成。50多年来，作为技术骨干，他们先后经历了长江流域大量的水文水资源科技工作，长期主持或承担流域规划、工程设计、水资源评价或建设项目水资源论证等设计、科研任务，主持或参与编制我国水文计算、设计洪水和水资源评价等技术标准、技术细则和设计手册等规范性文件，以及常年参加防汛抗旱工作等。本书编著过程中，长江委水文局全力支持，组织局内专家咨询审议。全书包含了编著者和有关人员事业的执着、辛劳和智慧。

流域水资源综合利用和生态环境有效保护任务十分繁重，水文分析计算和水资源评价工作随着经济社会发展和科学技术进步，必将更具前瞻和先锋作用，本书的问世将会取得承前启后的良好效果。

长江水利委员会科技委顾问
中国工程院资深院士

文伏波

2007年12月于武汉

总序

长江水利委员会（简称长江委）是长江流域水资源和水行政主管部门，也是我国水利水电方面一个有影响的科研设计部门。50年来，它编制和定期修订长江流域综合利用规划和长江防洪规划等专业规划，设计了三峡、丹江口、葛洲坝、乌江渡、万安、隔河岩和南水北调等大中型水利水电工程，并参与了工程施工、工程监测和调度运行管理。通过这些工程实践，长江委科技人员不仅理论联系实际地解决了许多复杂的技术难题，还积累了丰富的经验，造就了一批专家。有感于这些经验目前处于分散无系统的状态，为了使专家们的经验和智慧能集中起来，并使之系统化，力求升华为理论，使这笔知识财富长久保存、持续利用，我们在长江委领导和中国水利水电出版社的积极支持下，组织编写了这套“大中型水利水电工程技术丛书”。

本丛书是以系统总结长江委治理开发长江水资源的工作为目的，随着治江事业的持续发展，将不定期分阶段出版。作为丛书第一批共有16本，其内容是：长江流域综合利用规划研究、水文分析计算与水资源评价、长江河道演变与治理、长江水利枢纽工程泥沙研究、水利水电枢纽施工技术、导流截流及围堰工程、水工混凝土温控与防裂、水工岩石力学、水库移民工程、船闸与升船

机设计、水工金属结构、水利枢纽工程质量标准及监控、水文气候预测基础理论与应用技术、长江流域水利水电工程地质概论、复杂地质勘探与工程地质研究、三峡工程与可持续发展等。这些方面是长江委多年反复研究实践的重点，且最富成果和创见的领域。本丛书将分册陆续出版，各册合在一起是一套系统的技术丛书，分开来又各自独立成书，以便从事水利水电工程技术的人士参考使用。

长江委在科研设计工作中一贯重视学习他人的经验，积极收集和研究国内外科技信息。借本丛书出版之机，特将世界江河与大坝的有关资料整理出版，作为一本综合性的工具书以飨读者。

本丛书为应用技术类图书，它是实践经验的系统总结，是理论与实践结合的结晶。它既不同于教科书，也不同于论文集。我们希望这套丛书的出版将有助于促进我国大中型水利水电工程技术的发展。本丛书可作为从事水利水电工程的科技工作者的工具书，也可作为年轻的水利水电工作者和学生的学习参考书，以帮助新一代水利水电科技专家的成长。

在我们几十年的实践中，不断学习和融会了国内许多专家的智慧和经验。在成书之际，谨向他们表示崇高的敬意和衷心的感谢！

长江水利委员会技术委员会

2003年10月

前言

水是生命之源，水资源是人类社会兴衰的基础。人们兴水利、除水患铸成经济社会的千秋伟业。中华民族的先辈们以世人折服的业绩谱写了水利史上光彩夺目的篇章，其中蕴含着对水的观察、认识和预测。长江流域2000多年丰富的历史洪枯水记载和碑铭题刻，足以证实我们的祖先为摸索水流习性、维护生存条件所付出的艰辛和智慧，为后人探究河流水文规律、开发利用流域水资源所传承的信息和例证，实属国内外罕见。

中华人民共和国成立50多年来，为开发利用长江，防治水旱灾害，长江水利委员会（以下简称长江委）开展了大量的流域规划、工程设计和科学研究工作，积累了丰富的经验。长江委坚持夯实规划设计的基础，竭力开展水文泥沙观测，全面、系统地收集水文基本资料，多种学科有机结合，精心分析研究水文和河道演变规律，为流域规划、工程设计、防灾减灾及水资源保护、水行政管理提供了可靠依据。从理论和方法上，为水文分析计算和水资源评价技术进步和技术标准的编制作出了重要贡献；在能力建设上，为长江水文水资源专业造就了大批人才。

当前我国社会经济发展迅速，科技水平日益提高，对水资源需求更为迫切，洪涝、干旱、水土流失和水环境

恶化等问题亟待解决。水资源综合利用和生态环境保护突显重要，因此，作为经济社会可持续发展的基础工作，水文分析计算、水资源评价和建设项目水资源论证技术的科学性、适用性需不断总结和提高。编著《水文分析计算与水资源评价》一书旨在从理论和方法上，较全面、系统地总结长江委在流域规划、工程设计和防洪调度、流域管理中，解决水文水资源专业问题的经验，以大量实例，剖析、论述现行方法的科学性、适用性，同时，结合长江水资源开发利用的现状和展望，介绍、阐明新方法的前瞻性和可行性。期待本书有助于承前启后，推动水文、水资源科学技术不断进步，促进水资源永续利用。

全书共分14章。第1章为概论，从水文、水资源科学技术出发，介绍水文分析计算和水资源评价的含义、内容和发展。第2章、第3章分别为基本资料搜集与评价和水文特性分析，论述水文资料可靠性、代表性和一致性分析的内容和方法；介绍主要水文要素特性分析的方法和内容；这是水文分析计算和水资源评价的前提和基础。第4章为径流计算，介绍年径流量和枯水径流设计；同时简述河道内生态需水量和可调水量的计算方法，以适应流域水资源综合利用之需。第5~9章阐述设计洪水的目的、内容和方法，分别介绍由流量和暴雨资料或资料短缺时的设计洪水计算，并以流量资料为重点，以三峡工程设计洪水为实例，剖析水文频率计算的基本理论、方法、步骤和成果选定；论述历史洪水信息在工程防洪设计中的应用，并介绍水库入库设计洪水基本概念和计算方法；同时介绍设计洪水过程的时程分配和地区组成；应用随机过程理论和水文时间序列分析方法，模拟流域长系列年月径流和长历时多站区洪水过程；简介平原、滨海地区设计洪水计算方法。这些内容反映了我国工程设计洪水的特色，也包含长江委在该技术领域的创意。第10章为可能最大暴雨和可能最大洪水，论述应用水文与气象基本理论，以成因分析途径推求流域可能最大暴雨和可能最大洪水的原理、方法、步骤及成果合理性论证，以三峡工程大面积、长历时、可能最大暴雨和洪水为例，介绍暴雨洪水组合和产汇流计算方面的创新，以及为我国从水文气象途径估算流域可能最大洪水开辟的先河。第11章为洪水风险分析，介绍水文风险的概念和洪水风险分析方法及其应用实例，为水文不确定性分析提供参考和借鉴。第12章介绍江湖和感潮河流水位流量关系分析和设计。第13章详尽论述水资源评价的目的、途径和水文要素评价的基本方法；阐明流域地表水、地下水水

资源量和水资源总量的概念及评价方法，综述水资源质量评价、水环境评价的方法和标准；概述水资源开发利用和建设项目水资源论证的内容和方法；综合介绍长江流域干流和主要支流新一轮水资源数量和质量评价的主要结果。第14章为气候变化和人类活动对水文过程的影响。据水文循环的概念，论述人类活动对降雨径流过程、流域产沙和河道演变的作用，以及对水资源开发、水土保持和生态环境的影响；介绍气候变暖对南水北调水源区——丹江口水库可调水量影响的预测模式和初步结论；以三峡水库为例，详细介绍水土保持措施、水库工程对水库来水来沙的影响，以及水库冲淤对河流的影响。在当前经济发展迅速、水资源需求激增和水环境变化显著的情势下，本章提出的指导思想、理论方法和信息基础，对流域治理、工程建设和河流健康等有关问题的分析研究具有现实意义，对水文分析计算和水资源评价思路开拓和技术创新具有启迪作用。

长江委几代水文职工和水文水资源科技工作者，数十年如一日，为收集基本资料，呕心沥血、不惜牺牲；为完成科研设计任务，刻苦钻研、勇攀高峰，取得令人瞩目的丰硕成果。这种敬业精神和宝贵财富，激励着本书编著人员尽力尽责完成书稿，以答谢他们的无私奉献。

长江委从事水文计算和水资源评价，得到了国内有关部门和科技界仁人志士的悉心帮助，尤其是流域内水文同行的大力支持，使本书编著者受益颇多，在此，一并深表谢忱。

本书编著全过程得到长江委科学技术委员会的精心指导和大力帮助，并承中国工程院资深院士文伏波、院士郑守仁以及徐安雄、傅秀堂、潘天达、刘一是、洛叙六、张继良、赵纯厚、吴道喜、袁弘任、潘庆燊、韩承荣、杨意诚、郭一兵、罗钟毓、王善序、金蓉玲、杨玉荣、张有芷、黄忠恕等专家对书稿进行了审阅，提出了许多宝贵意见。谨此深表衷心感谢。

长江委水文局全力支持编著本书，副总工程师熊明会同主编组稿、统稿，并组织局内专家对初稿进行咨询、审议，同时安排文印科和吴九红承担书稿录入和编排工作，使本书得以顺利完成，特此致谢。

书中不当之处，敬请指正。

编著者

2008年5月于武汉

目录

序

总序

前言

1 概论	1
1.1 水、水资源及其科学技术含义	1
1.2 工程水文学及其水文分析计算	3
1.3 水资源评价	4
1.4 水利水电工程水文计算与建设项目水资源论证	5
1.5 水文分析计算与水资源评价工作的发展	9
参考文献	15
2 基本资料搜集与评价	17
2.1 资料搜集与整理	17
2.2 历史洪枯水调查与考证	18
2.3 暴雨调查	26
2.4 资料可靠性复核	28
2.5 资料系列一致性分析	34
2.6 资料系列插补延长	43
2.7 资料系列代表性评价	45
参考文献	53
3 水文特性分析	55
3.1 降水特性分析	55
3.2 径流特性分析	60
3.3 洪水特性分析	65
3.4 枯水特性分析	70
3.5 泥沙特性分析	72
参考文献	77
4 径流计算	78
4.1 径流计算的要求与内容	78
4.2 设计径流计算	78
4.3 枯水径流计算	84

4.4	河道内生态流量计算	86
4.5	跨流域调水可调水量分析	90
	参考文献	92
5	设计洪水	93
5.1	设计洪水计算的目的是方法	93
5.2	洪水系列与历史洪水应用	99
5.3	经验频率公式	109
5.4	频率曲线线型选择	114
5.5	频率曲线参数估计	118
5.6	设计洪水的期望概率	130
5.7	设计洪水估计量的抽样误差	134
5.8	特殊水文系列的频率计算	136
5.9	分期设计洪水	140
5.10	设计洪水过程线	143
5.11	平原和滨海地区设计洪水	146
	参考文献	157
6	入库设计洪水	159
6.1	入库洪水与入库设计洪水	159
6.2	入库洪水计算	160
6.3	入库设计洪水计算	167
6.4	入库洪水与坝址洪水的比较和应用	168
	参考文献	175
7	设计洪水地区组成	176
7.1	分析计算的目的是方法	176
7.2	地区组成法	177
7.3	频率组合法	179
	参考文献	188
8	水文随机模拟	189
8.1	水文随机模拟的的目的是途径	189
8.2	径流随机模拟	193
8.3	单站洪水随机模拟	199
8.4	多站(区)洪水随机模拟	203
8.5	模型及其模拟成果检验	215
	参考文献	216
9	设计暴雨及产汇流计算	218
9.1	计算的目的是途径	218
9.2	设计点、面暴雨量分析与计算	219
9.3	设计暴雨的时面雨型分析	228

9.4	设计暴雨的产流计算	229
9.5	汇流计算	240
9.6	小流域设计暴雨推求设计洪水	254
	参考文献	263
10	可能最大暴雨与可能最大洪水	264
10.1	计算的目与途径	264
10.2	可能最大暴雨	267
10.3	可能最大洪水	306
10.4	可能最大洪水成果确定和合理性检查	314
	参考文献	317
11	洪水风险分析	318
11.1	洪水风险分析概念与方法	318
11.2	防洪工程洪水风险分析	320
11.3	洪水风险图编制概述	328
	参考文献	342
12	设计水位和流量关系	344
12.1	计算的目与途径	344
12.2	江河(湖泊)设计水位计算	345
12.3	感潮河段设计水位计算	349
12.4	水位-流量关系拟定	357
	参考文献	371
13	水资源评价	372
13.1	水资源评价的目与途径	372
13.2	降水量评价综述	376
13.3	蒸发量评价简述	381
13.4	径流量评价概述	388
13.5	地表水资源量	394
13.6	地下水资源量	397
13.7	水资源总量	415
13.8	水资源质量评价	419
13.9	水环境评价概述	436
13.10	水资源利用评价概述	441
13.11	建设项目水资源论证概述	447
	参考文献	458
14	气候变化和人类活动对水文过程的影响	460
14.1	水文过程及其影响因素概述	460
14.2	人类活动对水文水资源影响研究	465
14.3	森林影响实验研究	480

14.4	水土保持措施影响研究.....	488
14.5	大中型水库对泥沙影响研究.....	505
14.6	中小型水库群对径流影响研究.....	528
	参考文献.....	536