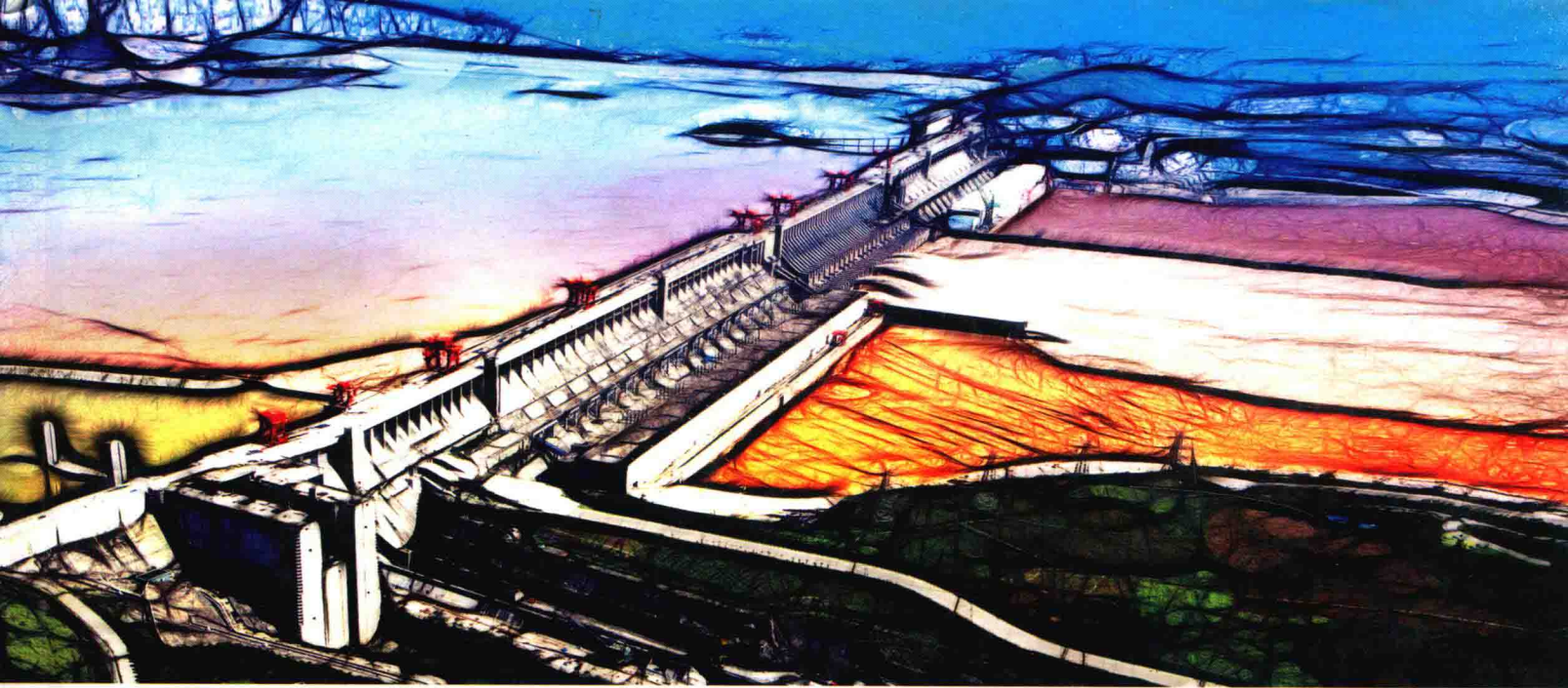




曹广晶 王 俊 主编

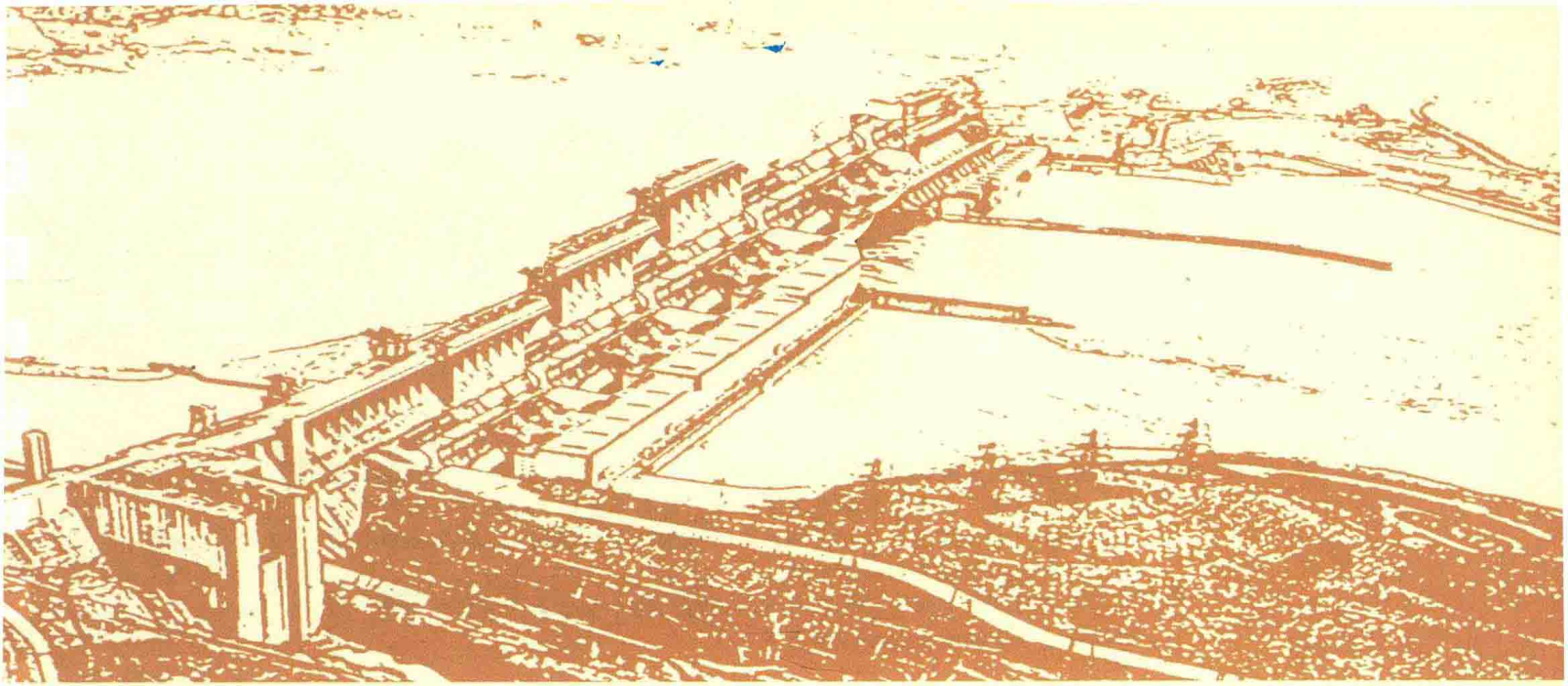
长江三峡工程
水文泥沙

观测与^水研究

26
25
24
23
22
21
20
19
18
17
16
15
14
13
12
11
10
9
8
7
6
5
4
3



科学出版社



曹广晶 王 俊 主编

长江三峡工程
水文泥沙

观测与研究

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书是全面反映长江三峡工程论证、设计、施工以及运行初期水文泥沙观测与研究工作的专业书籍,为三峡工程运行管理及工程防洪、发电、航运等综合效益的发挥,提供了极为重要的技术支撑。本书涵盖了当今水利水电工程水文泥沙原型观测、泥沙研究、水文分析计算、水情自动测报、水文预报、水环境监测等主要内容,具有系统性、权威性、资料性和可检索性,可为国内外大型水利水电工程水文泥沙观测与研究工作提供借鉴。具有很高的研究和实用价值。

本书可供水利水电系统和有关科研部门的专业技术人员研究使用,也可供相关专业的大专院校师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

长江三峡工程水文泥沙观测与研究 / 曹广晶, 王俊主编. —北京: 科学出版社, 2015. 3

ISBN 978-7-03-039392-0

I. 长… II. ①曹… ②王… III. 三峡水利工程—水库泥沙—水文观测 IV. TV145

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 309827 号

责任编辑: 李 敏 刘 超 / 责任校对: 邹慧卿 张凤琴

责任印制: 肖 兴 / 封面设计: 李姗姗

科学出版社 出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

中国科学院印刷厂 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2015 年 2 月第 一 版 开本: 889×1194 1/16

2015 年 2 月第一次印刷 印张: 61 3/4

字数: 2 000 000

定价: 500.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

长江三峡工程水文泥沙观测与研究

中国长江三峡集团公司 长江水利委员会水文局

主 编 曹广晶 王 俊

副 主 编 刘东生 张曙光

执行主编 陈松生 胡兴娥 陈 磊 陈显维 许全喜

各章编写人

第1章	陈松生	陈显维	徐德龙			
第2章	周建红	杨世林				
第3章	李树明	郑亚慧	杨世林	张国学	汪金成	
第4章	张国学	史东华	邹冰玉	王 海	赵文焕	陈 卫
第5章	蒋 鸣	王 海	李中平	沈燕舟	汪金成	卞俊杰
第6章	许全喜	袁 晶	童 辉			
第7章	许全喜	刘德春	段光磊	钟扬明	袁 晶	李志远
	史铁柱	蒋 鸣	秦智伟			
第8章	陈松生	许全喜	陈 磊	袁 晶	彭万兵	李 俊
	钟扬明	牛兰花	闫金波	董炳江	童 辉	白 亮
第9章	陈显维	许全喜	陈 磊	袁 晶	彭玉明	段光磊
	牛兰花	胡功宇	闫金波	童 辉	彭严波	彭全胜
	夏 薇	毛北平	王 驰	李 强	方 波	白 亮
	董炳江					
第10章	陈显维	陈松生	许全喜			

主要参加人员（按姓氏笔画排序）

王 弘	王 伟	王红玲	王志飞	王维国	韦立新	石劲松
任 勇	刘 亮	刘世振	李云中	李圣伟	余可文	杨 霞
宋萌勃	郑 静	张明波	张孝军	闵要武	陈 峰	陈守荣
周 波	周儒夫	官学文	赵蜀汉	柳长征	香天元	袁德忠
原 松	梅军亚	彭 凌	谭 良	樊 云		



长江三峡水利枢纽工程，是治理和开发长江的关键工程。经过几十年的研究论证，十七年的工程建设，十年的蓄水检验，三峡工程各项功能都已达到论证、规划和设计的预期目标。在长期的研究论证和运行实践中充分认识到，长江的水文泥沙运动规律直接关系到三峡枢纽工程及其水库的可持续运用，如水库的泥沙冲淤规律、长江上下游河道的演变规律以及长江生态与环境的演变规律等。不断地认识和研究这些规律，指导三峡枢纽工程的运行，以期安全高效地利用水资源和水能资源。

早在三峡工程开建之前，我国就已经在三峡库区和沿江相关地区建立了先进的水文泥沙监测站网，并在 2003 年三峡水库开始蓄水起进行了大规模的、持续的水文泥沙监测，积累了极其宝贵的实时、实测数据，并及时对这些数据进行分析计算，在原型实态的基础上建立了数学模型预测未来，从实践到理论、再用理论来指导实践，为制定水库优化调度奠定了科学基础。

《长江三峡工程水文泥沙观测与研究》一书，凝聚了中国长江三峡集团公司和长江水利委员会水文局等单位的专家和长期坚守在监测第一线的广大员工以及有关科研机构 and 高等院校科学家的集体智慧，可以称为实践和理论相结合的典范。他们以科学严谨的态度取得了理论上的突破，对于三峡枢纽工程的运行具有重要的指导价值，对于全国河流治理开发工程的实践也具有借鉴意义。

自然界的一切都是不停运动和不断演变的，河流也是如此。人类只有不断地认识自然，探索其规律性和随机性，才能更好地指导我们的行为。三峡工程如今已经建成，她的运行将是全生命周期的，因此对于水文泥沙的监测和研究也必然是全生命周期的。这本书就是一个良好的开端。

中国长江三峡集团公司原总经理、中国工程院院士

陈佑楣





iii

60 多年来,为满足三峡工程勘测、设计、科研和建设等方面的需要,在水利部、长江委直接领导和中国长江三峡集团公司大力支持下,长江水利委员会水文局在水文站网建设、水文分析计算和监测新技术应用与观测精度提高等方面做了大量卓有成效的工作。与此同时,也有计划、系统地开展了三峡工程水文泥沙原型观测及分析研究工作,并在



三峡工程 2003 年开始蓄水发电后, 针对具体的泥沙问题, 适时调整观测布局, 加强了三峡水库库尾蓄水与消落过程泥沙冲淤、坝区上下引航道水流条件与泥沙冲淤、坝下游清水下泄河床演变观测与研究。这些原型观测及研究成果不仅为工程设计、施工、水库运行管理提供了重要依据, 并促进了工程水文泥沙新理论、新方法的发展和推广应用, 丰富了水电工程水文范畴, 为推动我国水文泥沙科学的进展做出了重要贡献。

2010 年 10 月, 三峡水库已成功蓄至设计正常水位 175 米, 发挥了巨大的防洪、航运、发电、供水及生态等综合效益。长江水利委员会水文局的技术人员, 根据近 60 年来特别是三峡工程蓄水运用以来的水文泥沙原型观测资料, 对三峡工程水文泥沙观测与研究布局, 水文泥沙观测技术与应用, 水情自动测报与预报技术, 三峡水库上、下游水文情势与水质变化, 长江上游主要河流泥沙变化, 三峡水库进出库及坝下游水沙特性, 水库泥沙淤积特性及坝下游河道演变等方面进行了深入、系统的总结, 汇编成《三峡工程水文泥沙观测与研究》一书。

《三峡工程水文泥沙观测与研究》编著者由老中青专业人员组成, 还有许多亲身参与三峡工程水文、泥沙和河道观测研究第一线的技术人员参与。本书的问世, 饱含了编著者和有关人员对三峡工程的热爱、执着、辛劳和智慧。

本书基本资料扎实, 理论方法独特, 成果内容丰富, 学术观点新颖, 可为国内外大型水利水电工程水文泥沙观测与研究提供借鉴, 具有很高的学术研究和实用价值。

长江水利委员会总工程师、中国工程院院士

郑守仁

2012 年 8 月 1 日



三峡工程是迄今世界上最大的水利水电枢纽工程，是治理开发长江的关键性骨干工程，具有巨大的防洪、发电、航运等综合利用效益。工程经过几十年充分论证，精心设计，于1993年开工建设。根据国务院三峡工程建设委员会批准的“明渠通航、三期导流”的施工方案，1993~2009年三峡工程建设分为三个阶段：1993~1997年为准备工程和一期工程阶段；1998~2003年为二期工程阶段；2004~2009年为三期工程阶段。2003年6月三峡水库进行135m蓄水，工程进入围堰蓄水期；2006年10月三峡水库进行156m蓄水，工程进入初期蓄水期；2008年汛末三峡水库进行试验性蓄水后，工程进入试验性蓄水期，2010年首次达到了175m蓄水位。

在三峡工程的不同阶段，针对工程水文泥沙的重点问题和区域，投入了大量的人力、物力、财力，进行了广泛、深入、连续的观测与研究，取得了翔实的基础资料和丰富的研究成果。成为三峡工程勘测、设计、施工和研究的方面不可或缺的重要组成部分。

在三峡工程的论证和设计阶段，长期开展了三峡工程进出库主要控制站悬移质、推移质泥沙、河床组成及河道演变等水文泥沙观测与研究，为工程的论证和设计提供了基本资料和依据。

1993年以来，先后组织编制了《三峡施工阶段工程水文泥沙观测规划》（1995年）、《长江三峡工程2002—2019年泥沙原型观测计划》（2001年12月）、《长江三峡工程2002—2009年杨家脑以上河段新增水文泥沙观测研究项目实施方案》（2002年5月）、《长江三峡工程下游杨家脑至湖口2002—2009年泥沙观测研究任务书》（2003年5月）、《长江三峡工程水文气象保障服务系统专项设计报告》（1995年6月）等，根据上述规划、实施方案、任务书和设计报告，系统性地布局并开展了三峡工程水文泥沙观测与研究，建立了三峡工程水情自动测报系统。同时根据工程进展，适时开展了水文分析计算、水文情报预报、水环境监测等工作。

与此同时，随着科学技术水平的不断进步，将GPS RTK、ADCP、多波束、LISST等新仪器、新设备、新方法、新技术运用于水文泥沙原型观测；将基于GIS、RS、数据库等技术的水文泥沙综合信息管理系统运用于水文泥沙研究；将计算机网络、卫星通信、信息采集与传输集成技术，交互式技术及水文水力学模型等应用于水文自动测报与水文情



报预报。不仅大大提高了工作效率和精度,而且还实现了观测与研究资料成果的统一、科学和高效的数字化管理。

本书由参加三峡工程水文泥沙观测与研究的技术人员编写,从观测布局到信息采集,从技术攻关到新技术、新仪器和新方法的应用,从观测成果到机理研究,深入浅出,是一部具有很高科学价值、应用价值和学术价值的文献。

全书共分为 10 章。第 1 章为绪论。主要介绍长江三峡工程概况(含流域概况,水文气象特征以及工程建设和运行情况等),泥沙问题的特点,水文泥沙观测与研究的目的,以及任务由来等。

第 2 章为长江三峡工程水文泥沙观测与研究工作布局。主要介绍观测与研究组织管理、范围与内容等。

第 3 章为水文泥沙观测技术与应用。主要介绍水文泥沙观测、河道测绘、水质监测、资料整编,以及成果的信息化管理等技术及其应用。

第 4 章为三峡工程水情自动测报与预报技术研究。针对三峡工程水情测报的任务与内容,主要研究了水情信息采集技术、信息传输控制技术、信息集成技术以及三峡工程施工期和运行期的水文预报技术以及三峡水库中小洪水预报调度及其应用。

第 5 章为三峡工程水文研究。主要介绍了三峡工程设计主要依据站的水文基本资料的分析与评价、径流、设计洪水、入库洪水、可能最大降水与可能最大洪水、坝址水位流量关系以及枢纽安全鉴定相关的水文复核成果,重点介绍了三峡工程截流水文分析与计算、主汛期与汛末洪水、蓄水运用后对长江中下游水文情势影响、水库蓄水前后库区水质变化等。

第 6 章为长江上游主要河流泥沙变化与调查研究。主要介绍了长江上游河流泥沙变化特性,悬移质泥沙时间序列的跃变现象,以及长江上游降雨、水库拦沙、水土保持、河道采砂对河流泥沙影响的调查研究成果。

第 7 章为三峡水库进出库及坝下游水沙特性。主要研究了三峡水库蓄水运用以来,三峡水库入库径流和悬移质、推移质输沙量变化,三峡工程围堰发电期、初期蓄水期、175m 试验性蓄水期等不同蓄水期水库库区水沙特性,以及长江中下游河道和主要湖泊水沙变化特性等。

第 8 章为水库泥沙淤积特性。主要介绍了三峡水库蓄水运用以来,三峡水库泥沙淤积量的大小及时空分布、库区河床断面形态,水库排沙比,以及三峡工程围堰发电期、初期蓄水期、175m 试验性蓄水期,水库变动回水区重点河段的河道演变特点等。

第 9 章为三峡工程坝下游河道演变。主要介绍了三峡水库蓄水运用前后,坝下游三峡大坝~葛洲坝,宜昌至湖口河段河床冲淤变化和河道演变特点等。

第 10 章为主要认识与展望。主要介绍近几十年来三峡工程水文泥沙观测的主要成果,并对下一阶段的观测研究工作进行了展望。

三峡工程泥沙尚在调整变化之中,限于泥沙问题的复杂性,且水文观测与研究时间

跨度大，书中错误和疏漏在所难免，敬请读者批评指正。

本书在编写过程中，得到国家重点基础研究发展计划（973 计划）项目“长江中游通江湖泊江湖关系演变及环境生态效应与调控”课题 1“长江中游通江湖泊江湖关系演变过程与机制”（课题编号：2012CB417001）的支持。

作 者

2011 年 4 月初稿，2012 年 11 月终稿





第1章 绪论	1
1.1 流域概况	1
1.1.1 水系及地形地貌	1
1.1.2 水文气象特征	3
1.2 三峡工程概况	5
1.2.1 三峡工程布局	5
1.2.2 三峡工程水情特点	6
1.3 水文泥沙观测与研究	7
1.3.1 水文泥沙观测与研究的内容	7
1.3.2 水文泥沙研究特色	8
1.4 水文泥沙观测与研究的组织及管理	9
1.4.1 工作组织	9
1.4.2 质量保证体系	11
1.4.3 项目策划	11
1.4.4 项目管理	12
1.4.5 主要技术标准	13
第2章 三峡工程水文泥沙观测与研究布局	14
2.1 观测与研究原则	14
2.1.1 规划阶段	14
2.1.2 论证和初步设计阶段	15
2.1.3 建设阶段	16
2.2 水文泥沙观测站网布设	17
2.2.1 水文站网	17
2.2.2 河道观测基本控制及固定断面	23
2.2.3 水情自动测报站网系统	25
2.2.4 水质监测断面	27
2.3 观测范围与内容	30
2.3.1 水库淤积测验	30

2.3.2	进出库水文泥沙测验	32
2.3.3	水库水位观测	33
2.3.4	变动回水区河道演变观测	33
2.3.5	坝区水文泥沙测验	37
2.3.6	水库水环境监测	41
2.3.7	坝下游河道冲淤观测	43
2.3.8	坝下游重点河段河道演变观测	46
2.3.9	坝下游水力泥沙观测	56
2.3.10	专题观测	57
2.4	研究范围与内容	73
2.4.1	工程水文研究	74
2.4.2	水情预报研究	78
2.4.3	泥沙观测研究	79
	参考文献	82
第3章	水文泥沙观测技术与应用	87
3.1	水文泥沙观测	87
3.1.1	雨量观测	87
3.1.2	水位观测	88
3.1.3	流量测验	91
3.1.4	泥沙测验	96
3.2	河道测绘	100
3.2.1	控制测量技术	101
3.2.2	陆上测绘	107
3.2.3	水下地形测量	115
3.2.4	河床组成勘测与调查	120
3.2.5	水库淤积物干容重观测	127
3.3	水质监测	131
3.4	截流期水文观测	135
3.5	资料整编	136
3.5.1	水文资料整编	136
3.5.2	河道成果整理	139
3.5.3	水质资料整编	140
3.6	水文泥沙信息分析管理系统	140
3.6.1	系统开发模式	141
3.6.2	数据流程	141
3.6.3	系统总体结构与模块划分	141
	参考文献	143

第4章 三峡工程水情自动测报及预报技术研究	144
4.1 水情测报的任务与内容	144
4.2 水情自动测报系统构成	146
4.2.1 总体结构	146
4.2.2 信息流程	149
4.2.3 建设规模	150
4.3 水情自动测报技术	150
4.3.1 水情信息采集	150
4.3.2 水情信息传输控制	152
4.3.3 水情信息集成	168
4.4 水情自动测报系统建设	177
4.4.1 屏山-寸滩区间水情自动测报系统	178
4.4.2 寸滩至宜昌区间水情自动测报系统	186
4.4.3 宜昌以下河段水情自动测报系统	189
4.5 水情预报技术研究	191
4.5.1 施工期水文预报	192
4.5.2 运行期水文预报	200
4.5.3 三峡水库中小洪水预报调度研究	218
参考文献	229
第5章 三峡工程水文研究	230
5.1 主要依据站水文资料分析与评价	230
5.1.1 主要水文站资料分析	230
5.1.2 水文观测资料评价	233
5.2 径流	234
5.2.1 径流特性	234
5.2.2 年月径流计算	238
5.2.3 枯季径流	239
5.2.4 蓄水期径流分析	240
5.3 设计洪水	241
5.3.1 历史洪水重现期分析	241
5.3.2 初设阶段坝址设计洪水	242
5.3.3 坝址设计洪水复核	244
5.3.4 入库设计洪水	245
5.4 可能最大降水与可能最大洪水	247
5.4.1 可能最大降水 (PMP)	247
5.4.2 可能最大洪水 (PMF)	248
5.4.3 上游干支流水库至三峡坝址区间可能最大洪水	248



5.5 坝址水位流量关系	249
5.5.1 初步设计阶段坝址水位流量关系	249
5.5.2 坝址水位流量关系复核	250
5.6 截流期水文分析计算	251
5.6.1 大江截流水文分析计算	251
5.6.2 明渠截流水文分析计算	253
5.7 主汛期及汛末洪水	258
5.7.1 暴雨分布与天气形势	258
5.7.2 主汛期与汛末洪水时间划分	260
5.7.3 汛末设计洪水	264
5.7.4 特殊汛末洪水	265
5.8 蓄水运用后对长江中下游水文情势影响	270
5.8.1 对长江中下游干流沿程水位影响	270
5.8.2 对三口分流影响	272
5.8.3 对洞庭湖及湘江尾间影响	273
5.8.4 对鄱阳湖及赣江尾间影响	275
5.9 水质	277
5.9.1 蓄水前水质状况	277
5.9.2 蓄水后水质状况	278
参考文献	284
第6章 长江上游主要河流泥沙变化及调查研究	285
6.1 长江上游泥沙特性	285
6.1.1 泥沙输移比	285
6.1.2 泥沙地区组成	287
6.1.3 年际年内变化	290
6.1.4 水沙关系	295
6.1.5 泥沙颗粒级配	303
6.2 长江上游主要河流输沙量时间序列的跃变	303
6.2.1 跃变分析方法	306
6.2.2 跃变点的检验方法	308
6.2.3 主要河流输沙量时间序列的跃变	309
6.3 长江上游降雨(径流)变化对河流泥沙变化的影响	318
6.3.1 降雨对河流输沙的影响	318
6.3.2 主要支流降雨(径流)变化对输沙量的影响	321
6.3.3 长江上游降雨变化对河流输沙量的影响	340
6.4 长江上游水库拦沙对河流泥沙变化的影响	341
6.4.1 长江上游地区水电开发概况	342

6.4.2	水库淤积典型调查	343
6.4.3	水库拦沙作用	350
6.4.4	水库拦沙对河流输沙量的影响	358
6.5	长江上游水土保持工程对河流泥沙变化的影响	371
6.5.1	金沙江流域	374
6.5.2	嘉陵江流域	380
6.5.3	乌江流域	390
6.5.4	三峡库区	393
6.5.5	长江上游水土保持工程减蚀减沙作用	393
6.6	长江上游河道采砂对河流泥沙变化的影响	394
6.7	长江上游主要河流泥沙变化调查与研究的主要认识	395
	参考文献	398
第7章	三峡水库进出库及坝下游水沙特性	402
7.1	三峡水库入库水沙特性	402
7.1.1	径流量和悬移质输沙量	402
7.1.2	推移质输沙量	410
7.2	三峡水库库区水沙特性	411
7.2.1	库区主要水文站	411
7.2.2	三峡水库蓄水期泥沙特性	417
7.3	三峡水库出库水沙特性	451
7.4	三峡水库坝下游水沙特性	454
7.4.1	长江中下游干流水沙特性	454
7.4.2	荆江三口分流分沙	460
7.4.3	洞庭湖区水沙特性	492
7.4.4	鄱阳湖区水沙特性	499
7.4.5	长江中下游床沙沿程变化	506
7.4.6	蓄水运用后坝下游枯水水面线及枯水位变化	512
第8章	三峡水库泥沙淤积	524
8.1	三峡水库库区河道概况	524
8.1.1	河道概况	524
8.1.2	河床边界条件	526
8.1.3	三峡水库蓄水前后库区河道水力要素变化	534
8.2	三峡水库泥沙淤积特性	539
8.2.1	围堰发电期	540
8.2.2	初期蓄水期	548
8.2.3	175m 试验性蓄水期	550
8.2.4	水库泥沙淤积特性	550



8.2.5	库区泥沙淤积物干容重与粒径	556
8.2.6	水库排沙比	562
8.3	三峡水库重点河段河道演变	571
8.3.1	土脑子河段	571
8.3.2	兰竹坝河段	582
8.3.3	皇华城河段	583
8.3.4	铜锣峡至涪陵河段	586
8.3.5	重庆主城区河段	599
8.4	三峡工程坝区泥沙特性	642
8.4.1	坝区水流泥沙特性	643
8.4.2	近坝区河床冲淤	654
8.4.3	引航道泥沙淤积	672
8.4.4	电厂厂前区域	685
8.4.5	过机泥沙	695
8.4.6	坝区泥沙淤积机理研究	698
8.5	三峡水库汛期中小洪水调度对水库淤积的影响	710
8.5.1	2010 年汛期中小洪水调度对水库淤积的影响	710
8.5.2	2011 年汛期中小洪水调度对水库淤积的影响	714
8.5.3	2012 年汛期中小洪水调度对水库淤积的影响	716
8.6	三峡水库库尾河段减淤调度试验	719
8.6.1	库尾泥沙冲淤特性	719
8.6.2	2011 年汛前库尾减淤调度试验	719
8.6.3	2012 年汛前库尾减淤调度试验	720
8.6.4	铜锣峡至涪陵河段冲淤变化影响因素研究	723
8.6.5	河床冲刷条件初步研究	733
	参考文献	735
第 9 章	三峡水库坝下游河道演变	736
9.1	三峡—葛洲坝两坝间河段河床冲淤变化	736
9.1.1	葛洲坝水利枢纽独立运行期	737
9.1.2	三峡和葛洲坝水利枢纽联合调度期	739
9.2	长江中游河段河道演变	745
9.2.1	宜昌至枝城河段	745
9.2.2	荆江河段	763
9.2.3	城陵矶至汉口河段	870
9.2.4	汉口至湖口河段	912
9.2.5	三峡水库蓄水运用后长江中游河床演变主要特点	947
	参考文献	954

第 10 章 主要认识与展望 955

10.1 主要认识 955

10.1.1 水文泥沙观测 955

10.1.2 工程水文计算 955

10.1.3 工程泥沙观测研究 956

10.2 展望 960

