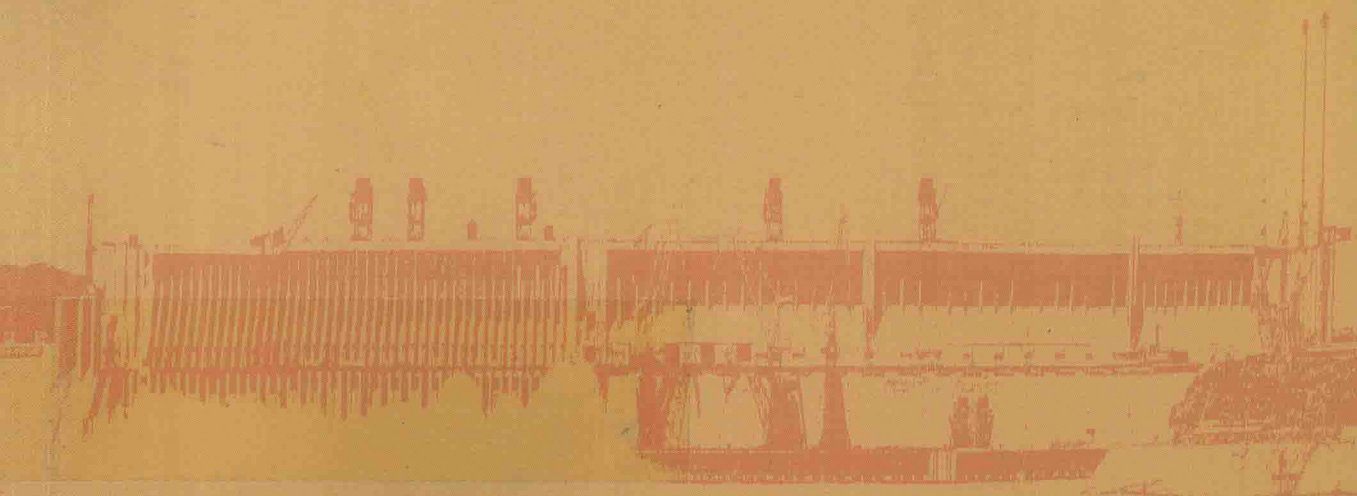


三峡工程运用后泥沙与防洪关键技术研究丛书

三峡

工程运用后长江中下游防洪技术研究

仲志余 胡维忠 陈肃利 编著



长江出版社

国家“十二五”重点图书
国家出版基金资助项目

三峡工程运用后泥沙与防洪关键技术研究丛书



工程运用后长江中下游防洪技术研究

仲志余 胡维忠 陈肃利 编著

长江出版社

图书在版编目(CIP)数据

三峡工程运用后长江中下游防洪技术研究/仲志余,
胡维忠,陈肃利编著.—武汉:长江出版社,2011.12
ISBN 978-7-80708-931-5

I. ①三… II. ①仲…②胡…③陈… III. ①三峡水利工程—影响—
长江中下游—防洪—研究 IV. ①TV882.2

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第262638号

三峡工程运用后长江中下游防洪技术研究 仲志余 胡维忠 陈肃利 编著

责任编辑:吴曙霞

装帧设计:刘斯佳

出版发行:长江出版社

地 址:武汉市解放大道1863号

邮 编:430010

E-mail:cjpub@vip.sina.com

电 话:(027)82927763(总编室)

(027)82926806(市场营销部)

经 销:各地新华书店

印 刷:湖北通山金地印务有限公司

规 格:787mm×1092mm 1/16

20.875印张 24页彩页 720千字

版 次:2011年12月第1版

2012年4月第1次印刷

ISBN 978-7-80708-931-5/TV · 179

定 价:76.00元

(版权所有 翻版必究 印装有误 负责调换)

前 言

长江中下游的洪水威胁历来是中华民族的心腹之患。三峡工程是长江中下游防洪体系的骨干工程,三峡工程运用后对长江中下游将发挥巨大的防洪作用。但是,随着三峡水库的蓄水运用,相当长时期内其下泄水流的含沙量明显减少,坝下游河道发生冲淤调整,引起河道的泄流能力、槽蓄量及江湖关系发生变化,进而对长江中下游防洪形势、防洪格局、水生态等产生影响。2002 年 10 月至 2008 年 10 月,宜昌至湖口河段平滩河槽累积冲刷量为 6.41 亿 m^3 ,随着其蓄水运用,三峡工程对长江中下游的防洪影响将更为显现。

三峡工程目前已基本建成,迫切需要在三峡工程可行性论证和初步设计及其后相关方面研究成果的基础上,结合 20 世纪 90 年代及三峡水库蓄水运用以来的水沙变化情况,深入研究三峡水库运用后对长江中下游防洪影响的对策措施,以全面发挥三峡工程的综合效益,为长江中下游的防洪规划、防洪治理及水生态保护提供依据,促进长江流域经济社会的可持续发展。

为贯彻落实《国家中长期科学和技术发展规划纲要(2006—2020)》和《国民经济和社会发展第十一个五年规划纲要》,充分发挥三峡工程的综合效益,保障长江中下游防洪安全,科技部启动了国家科技支撑计划项目“三峡工程运用后泥沙与防洪关键技术研究”。该项目开展了 5 个方面的研究,分别为:三峡水库上游来水来沙变化趋势研究;三峡工程水库泥沙淤积及其影响与对策研究;三峡工程运用后初期长江中下游干流河道响应过程及江湖关系变化预测研究;三峡工程运用后对长江中下游防洪的影响评价研究;三峡工程运用后长江中下游防洪技术研究。本书主要反映三峡工程运用后长江中下游防洪技术的研究内容及主要成果。

作者采用资料收集与分析、现场调研、数学模型计算及理论分析等多种手段,围绕三峡工程运用后长江中下游防洪技术开展了大量的研

究:结合三峡工程运用初期江湖关系的变化,深入研究了三峡水库不同的防洪补偿调度方式及其对水库泥沙淤积的影响;建立了三峡水库库容调洪数学模型,并对三峡水库防洪能力进行了复核;进行了对城陵矶补偿调度的风险分析和对库区回水的影响研究,提出了三峡水库的防洪优化调度方式。深入研究了三峡工程建成后长江中下游干流河势变化及河床形态调整,建立了重点河段平面二维水沙数学模型,提出了以荆江河段为重点的中游干流河道治理工程措施。提出了重点护岸工程段安全监测与预警预报系统的新方法。系统分析了三峡工程运用对长江干流及洞庭湖、鄱阳湖区的防洪作用,深入研究了三峡工程运用后簕洲湾裁弯、洞庭湖四口水系优化、四口建闸、鄱阳湖湖口控制等重点工程措施的效应,提出了两湖地区治理综合对策措施,为两湖综合规划与治理提供重要技术支撑。基于长江中下游一、二维混合非恒定流数学模型,采用地理信息系统、网络和数据库技术,构建了长江中下游实时洪水调度系统;定量预测了三峡工程运用初期遇防御标准内和超标准洪水长江中下游超额洪量,提出了洪水调度方案。分析了三峡水库调度对长江中下游水生态的影响,提出了水库调度采用“人造洪峰”的可行性及初步方案,探讨了维持长江中下游干流河型基本稳定的水库调度方式,分析了洞庭湖、鄱阳湖重要湿地保护对水库调度的要求。在深入研究三峡水库汛限水位动态控制、汛末蓄水、水库泥沙淤积、航运改善以及水生态保护调度措施等基础上,提出了三峡水库的综合调度方式。

本书研究提出的部分成果已在长江流域相关方面的生产和管理中得到应用:研究提出的三峡水库优化调度方式已纳入国务院批复的《三峡水库优化调度方案》,成功指导了近年来三峡水库的防洪调度。研究提出的长江中下游干流荆江河段河势控制措施、洞庭湖四口水系优化、鄱阳湖湖口水利枢纽工程等已纳入《长江流域综合规划》、《洞庭湖区综合规划》、《鄱阳湖区综合规划》。研究提出的长江中下游遇标准以内和超标准洪水的洪水调度方案,已纳入《长江防御洪水方案》和《长江洪水调度方案》。建立的以实时洪水调度模型为核心的长江中下游实时洪水调度系统已在长江防汛抗旱总指挥部投入试运行。长江中下游干流河道治理对策的研究成果在目前正在进行的荆江河段河势控制应急工程

设计、航道整治工程设计中得到采纳。这些研究成果的应用,为新时期长江流域治理、开发与保护工作提供了技术支持。

全书约 720 千字,由仲志余、陈肃利、胡维忠等共同撰写。其中前言由仲志余撰写(4 千字),第 1 章三峡工程防洪调度方式研究由宁磊、施勇撰写(100 千字),第 2 章三峡工程运用后长江中下游干流河道治理对策研究由陈肃利、胡春燕、汪红英撰写(110 千字),第 3 章三峡工程运用后洞庭湖、鄱阳湖区防洪对策研究由仲志余、胡维忠、余启辉撰写(120 千字),第 4 章三峡工程运用后长江中下游洪水调度研究由胡维忠、宁磊、王翠平、游中琼撰写(130 千字),第 5 章三峡水库调度的水生态保护对策措施研究由李志军、童波、李迎喜撰写(155 千字),第 6 章三峡水库综合调度措施研究由纪国强、张黎明、马小杰撰写(95 千字),第 7 章结论与建议由胡维忠撰写(6 千字)。全书最后由仲志余、胡维忠统稿。

本书的顺利完成还要感谢长江勘测规划设计研究院的谈昌莉副处长、长江科学院的姚仕明副所长的帮助和支持。此外,长江勘测规划设计研究院的要威、柴晓玲、曾令木、尹维清、戴昌军、张曦,南京水利科学研究院的李褪来、栾震宇、陈炼钢、金秋、牛帅,长江科学院的张细兵、龚壁卫、宫平,长江流域水资源保护局的雷明军、李红清等同志为本书做了大量的具体工作,在此一并致以诚挚的感谢。

另外需要说明的是,本书中的高程,除特别注明的外,均为冻结吴淞高程。

由于作者水平和时间有限,书中疏漏和不足之处在所难免,恳请专家、同行和广大读者提出宝贵意见。

作 者

2011 年 11 月于武汉

目 录

第 1 章 三峡水库防洪调度方式研究	1
1. 1 长江中下游防洪形势变化分析	1
1. 1. 1 长江中下游防洪体系	1
1. 1. 2 三峡工程建成后长江中下游防洪形势分析	3
1. 2 三峡水库防洪补偿调度方式研究	4
1. 2. 1 设计洪水分析	4
1. 2. 2 三峡水库防洪调度及长江中下游洪水演进数学模型	9
1. 2. 3 三峡工程初步设计阶段拟定的防洪调度方式分析	13
1. 2. 4 三峡水库对荆江补偿调度研究	14
1. 2. 5 三峡水库对城陵矶补偿调度研究	15
1. 3 三峡水库防洪补偿调度方式对水库泥沙淤积影响研究	21
1. 3. 1 三峡水库水沙数学模型	21
1. 3. 2 三峡水库防洪补偿调度方式对水库淤积影响	33
1. 4 三峡水库入库洪水动库容调洪研究	37
1. 4. 1 动库容研究方法概述	38
1. 4. 2 现状条件下三峡水库动库容调洪计算	39
1. 4. 3 三峡水库运行 30 年防洪库容的变化	40
1. 4. 4 静库容调洪和动库容调洪效果比较	42
1. 5 三峡水库防洪优化调度方式研究	43
1. 5. 1 三峡水库对城陵矶防洪补偿调度的必要性	43
1. 5. 2 对城陵矶防洪补偿调度的风险分析	44
1. 5. 3 对城陵矶进行补偿调度涉及的库区移民影响问题分析	45
1. 5. 4 三峡水库防洪优化调度方式	46
1. 6 小结	47

第 2 章 三峡工程运用后长江中下游干流河道治理对策研究	49
2. 1 长江中下游河道基本情况	49
2. 1. 1 河道概况	49
2. 1. 2 长江中下游近 60 年来河道治理概况	51
2. 2 三峡水库蓄水运用以来长江中下游水沙及河道冲淤变化	52
2. 2. 1 三峡水库来水来沙特性	52
2. 2. 2 三峡水库泥沙淤积	53
2. 2. 3 三峡坝下游水沙变化特性	53
2. 2. 4 中下游干流河道实测冲淤变化分析	54
2. 3 三峡工程建成后长江中下游河道面临的新形势	57
2. 4 三峡工程建成后对长江中下游河道影响分析	60
2. 4. 1 三峡工程建成后长江中下游干流河道冲淤变化预测	60
2. 4. 2 三峡工程建成后长江中下游河型与河势变化趋势分析	61
2. 5 三峡工程建成后荆江河段近期河势控制方案研究	63
2. 5. 1 荆江河道基本情况	63
2. 5. 2 荆江河道近期演变特点	64
2. 5. 3 荆江河段局部重点段冲淤变化分析	70
2. 5. 4 三峡工程建成后的荆江河段河势控制方案研究	80
2. 6 三峡工程建成后长江中下游干流河道治理对策措施研究	84
2. 6. 1 工程措施研究	84
2. 6. 2 非工程措施研究	87
2. 7 长江中下游重点护岸工程段安全监测与预警系统研究	87
2. 7. 1 长江中下游重点险工段崩岸特征、机理	87
2. 7. 2 长江中下游重点险工段安全监测与预警系统构成	91
2. 7. 3 长江中下游重点险工段安全监测与预警系统研究	94
2. 7. 4 安全监测项目布置	107
2. 7. 5 安全监测防雷电系统	107
2. 8 小结	109
第 3 章 三峡工程建成后洞庭湖、鄱阳湖区防洪对策研究	111
3. 1 三峡工程建成后洞庭湖区防洪对策研究	111
3. 1. 1 基本情况	111

3.1.2	洞庭湖区现状水沙及冲淤变化分析	114
3.1.3	三峡工程建成后对洞庭湖区冲淤影响	119
3.1.4	藤洲裁弯研究	132
3.1.5	洞庭湖区四口水系优化研究	138
3.1.6	四口建闸工程研究	157
3.1.7	综合治理措施	164
3.2	三峡工程建成后鄱阳湖区治理对策研究	165
3.2.1	基本情况	165
3.2.2	鄱阳湖区江、湖、河关系	167
3.2.3	三峡工程建成后对湖口附近区的影响	169
3.2.4	鄱阳湖区防洪体系建设	173
3.2.5	综合治理措施	179
3.3	小结	180
第4章 三峡工程建成后长江中下游洪水调度研究		181
4.1	长江中下游洪水行为数值模拟	181
4.1.1	国内外研究现状述评	181
4.1.2	建模思路	182
4.1.3	模型概述	184
4.1.4	模型算法	188
4.1.5	模型若干处理	192
4.1.6	模型率定与检验	200
4.2	长江中下游实时洪水调度系统	202
4.2.1	洪水预报模块	203
4.2.2	防洪调度模块	205
4.2.3	系统运行检验	210
4.3	三峡水库运用后初期遇防御标准内洪水防洪调度研究	213
4.3.1	三峡水库防洪调度方式	213
4.3.2	中下游洪水调度原则分析	214
4.3.3	超额洪量计算	215
4.3.4	超额洪量具体安排	215

4.4	三峡水库运用后初期遇超标准洪水研究	215
4.4.1	荆江河段遇超标准洪水研究	215
4.4.2	荆江以下河段遇超标准洪水研究	216
4.5	小结	216
第5章 三峡水库调度的水生态保护对策措施研究		217
5.1	研究概况	217
5.2	长江中下游水生态系统特点	218
5.2.1	长江中下游生境特点	218
5.2.2	长江中下游水生生物资源	219
5.2.3	典型区域生态特征	220
5.3	三峡水库调度对中下游水生态的影响分析	244
5.3.1	典型区域水生态影响分析	245
5.3.2	两湖湿地生态影响分析	247
5.3.3	存在的主要问题	251
5.4	洞庭湖、鄱阳湖湿地保护对水库调度的要求	251
5.4.1	两湖湿地演变趋势	251
5.4.2	三峡水库调度与两湖湿地生态响应	256
5.4.3	两湖对三峡水库调度的初步要求	262
5.5	水库调度“人造洪峰”的可行性探讨	262
5.5.1	长江“四大家鱼”繁殖生态水文响应过程	262
5.5.2	基于“四大家鱼”繁殖保护对三峡水库生态调度的要求	265
5.6	维持中下游干流河型基本稳定的水库调度对策措施研究	267
5.6.1	长江中下游水域生境制约条件辨识	267
5.6.2	三峡工程对长江中下游关键生境条件的影响	275
5.6.3	维持长江中下游河型稳定的调度对策	275
5.7	三峡水库调度的水生态保护对策措施初步研究	276
5.7.1	中下游水生态保护对三峡水库调度的要求	276
5.7.2	不同生态保护目标生态水文需求分析	277
5.7.3	三峡水库调度的水生态保护对策措施	279
5.8	小结	283

第 6 章 三峡水库综合调度措施研究	285
6. 1 三峡水库调度的泥沙要求研究	285
6. 1. 1 三峡水库入库水沙特性	285
6. 1. 2 三峡工程选定方案与泥沙处理	286
6. 1. 3 三峡水库调度的泥沙要求研究	289
6. 1. 4 小 结	295
6. 2 三峡水库调度的航运要求研究	297
6. 2. 1 概 述	297
6. 2. 2 河段基本情况	298
6. 2. 3 变动回水区河床演变趋势及其对航运影响分析	301
6. 2. 4 葛洲坝下游河段河床演变趋势及其对航运影响分析	303
6. 2. 5 三峡水库调度的航运要求研究	304
6. 2. 6 结论与建议	309
6. 3 三峡水库综合调度措施研究	310
6. 3. 1 水库汛限水位动态控制研究	310
6. 3. 2 汛后水库蓄水方式研究	320
6. 3. 3 改善航运条件的调度措施研究	331
6. 3. 4 对“四大家鱼”繁殖需求进行调度的初步研究	337
6. 4 小 结	339
第 7 章 结论与建议	342
7. 1 结 论	342
7. 2 建 议	343

第1章 三峡水库防洪调度方式研究

1.1 长江中下游防洪形势变化分析

1.1.1 长江中下游防洪体系

依据长江中下游洪水特点及防洪要求,长江中下游的防洪建设按照“蓄泄兼筹、以泄为主”的方针和“江湖两利”、“左右岸兼顾、上中下游协调”的指导原则,通过加高加固堤防,整治河道,建设平原蓄滞洪区,兴建干支流水库,加强上游水土保持,完善防洪非工程措施等,形成以堤防为基础,三峡工程为骨干,干支流水库、蓄滞洪区、河道整治相配套,平垸行洪、退田还湖、水土保持相结合,以及非工程防洪手段并重的综合防洪体系。

根据几十年的治江经验及防洪实际情况,《长江流域综合利用规划简要报告(1990年修订)》(以下简称《长流规》)和《长江流域防洪规划》明确提出了长江中下游的防洪标准:干流荆江河段的防洪标准为100年一遇,对遭遇类似1870年洪水,有可靠对策措施;城陵矶以下河段以1954年实际洪水作为防御目标。

按照长江中下游防洪建设的指导原则及治理标准,《长流规》和《长江流域防洪规划》确定长江中下游干流主要站防洪控制水位为:沙市45.00m,城陵矶(莲花塘)34.40m,汉口29.73m,湖口22.50m。在堤防按上述水位加高加固后,在三峡工程建成发挥作用前,遇类似1954年洪水,在蓄滞洪区理想运用情况下,长江中下游共需分蓄洪约492亿 m^3 ,其中荆江54亿 m^3 ,城陵矶附近320亿 m^3 (其中洞庭湖、洪湖各160亿 m^3),武汉附近68亿 m^3 ,湖口附近50亿 m^3 (其中鄱阳湖、华阳河各25亿 m^3)。根据各地区的超额洪量,长江中下游共安排了40处蓄滞洪区,部分蓄滞洪区具体情况见表1.1-1。

以规划为指导,长江流域特别是中下游地区开展了堤防整修加固工程,形成了比较完整的堤防体系。特别是1998年长江大洪水以后,长江重要堤防加高加固工程的实施,使长江中下游干流堤防达到了规划的设计标准;几十年来,利用湖泊洼地,结合湖区治理,规划兴建和安排了40处可蓄滞洪水约590亿 m^3 的蓄滞洪区,目前,已建分洪闸的蓄滞洪区有荆江分洪区、杜家台蓄滞洪区、围堤湖蓄洪垸、澧南蓄洪垸和西官蓄洪垸;通过护岸、清淤疏障、裁弯取直等河道整治措施维持和扩大了重要河段

的泄流能力；结合兴利修建了三峡、丹江口、江垭、皂市等以防洪为首要任务的水库以及五强溪、柘林、柘溪、隔河岩、水布垭、万安、漳河、鸭河口、富水等一批具有较大防洪作用的水库。目前，三峡工程已经具备正常运行的条件，三峡工程正常运行后，长江中下游特别是荆江河段的防洪形势将得到明显的改善；1998 年长江大洪水后，长江中下游对 1400 多个一般圩垸实施了“平垸行洪，退田还湖”，恢复水面面积 2900km²，有效缓解了长江中下游的防汛压力。经过多年建设，长江中下游平原区初步形成了堤防、蓄滞洪区、河道整治、干支流水库组成的防洪工程体系，结合加强气象水文预报等非工程措施，长江中下游的防洪能力已有较大提高。

表 1.1-1 长江中下游蓄滞洪区基本情况表

所在 地区	蓄滞洪区名称		蓄洪水位 (m)	蓄洪面积 (km ²)	耕地面积 (万亩)	人口 (万)	有效容积 (亿 m ³)	备 注
荆江 地区	荆江分洪区		42.0	921	49.3	58.18	54.0	西洞庭湖地区 包括围堤湖、六角 山、九垸、西官、 安澧、澧南、安 昌、安化、南顶、 和康、南汉等蓄 洪垸。
	澧市扩建区		43.0	96	8.7	6.12	2.0	
	人民大垸		38.5	362	24.75	19.04	11.8	
	虎西备蓄区		42.0	86	7.5	5.34	3.8	
	小计			1465	90.25	88.68	71.6	
城陵 矶附 近区	洞庭 湖地 区	西洞庭湖地区		780.5	59.97	45.3	48.38	南洞庭湖地区 包括民主、共双 茶、城西、北湖、 义合、屈原等蓄 洪垸。
		南洞庭湖地区		907.4	80.51	55.2	53.09	
		东洞庭湖地区		1074.2	84.39	57.37	51.93	
		江南陆城		211	14.73	7.92	10.41	
		小计		2973.1	239.6	165.79	163.81	
	洪湖分洪区		32.5	2797.4	124.37	129.52	181.0	东洞庭湖地区 包括集成安合、钱 粮湖、建设、建 新、君山、大通湖 东垸(同兴、隆西、 新洲、团山)等蓄 洪垸。
	合计			5770.5	363.97	295.31	344.81	
	武汉 附近 区	西凉湖蓄滞洪区		31.0	1095	37.14	48.64	42.3
东西湖蓄滞洪区		29.5	444	22.14	29.5	20.0		
武湖蓄滞洪区		29.1	277.9	18.64	14.59	18.0		
张渡湖蓄滞洪区		28.3	309	39.45	30.37	10.0		
白潭湖蓄滞洪区		27.5	204	11.81	39.98	8.8		
杜家台分洪区		30.0	614.0	35.3	12.75	22.9		
小计			2943.9	164.48	175.83	122		
湖口 附近 区	鄱阳 湖地 区	康山圩	22.5	312.4	15.2	6.17	15.7	华阳河蓄滞洪 区计划蓄洪容量为 25 亿 m ³ 。
		珠湖圩	22.5	152.5	8.0	9.39	5.6	
		黄湖圩	22.5	49.3	4.63	0.29	2.90	
		方州斜塘圩	22.5	35.41	2.89	0.82	2.0	
		小计		549.61	30.72	16.67	26.2	
	华阳河蓄滞洪区			1306.7	62.44	56.01	25.0	
	合计			1856.31	93.16	72.68	51.2	
	总计			12035.71	711.86	632.5	589.61	

1.1.2 三峡工程建成后长江中下游防洪形势分析

三峡主体工程于1993年开始施工准备,1997年11月大江截流,2002年11月导流明渠截流,2003年6月水库蓄水至135m水位,双线五级船闸试通航,2003年7月左岸首批机组发电,2006年5月大坝全线浇筑至坝顶高程185m,2006年汛后水库蓄水至156m水位,工程较初步设计提前了一年进入初期运行期。2007年4月双线船闸完建,全部导流底孔封堵完成,三峡枢纽工程挡水一线的施工形象全部达到设计规模。随着船闸的完建,2007年三峡水库汛期防洪限制水位已从135m调整为144m。三峡大坝泄洪表孔2007年汛前已恢复11孔运用,2008年3月底前完成了全部22孔的恢复施工。施工进度顺利,2008年汛期三峡水利枢纽全部挡水建筑物已按照设计规模、设计标准全面建成,所有泄洪设施具备运用条件,枢纽泄洪能力达到设计能力。

2008年7月,国务院三峡枢纽工程验收组对三峡三期工程进行了检查验收,认为三峡水利枢纽已全面具备汛后蓄水至175m的条件。2008年汛末,经国务院批准,长江三峡水利枢纽进行了试验性蓄水,水库坝前最高水位曾达到172.8m。三峡工程已经具备正常运行的条件。

三峡工程正常运行期,水库正常蓄水位为175m,防洪限制水位为145m,防洪库容达221.5亿 m^3 。三峡工程按正常规模投入使用后,长江中游各地区防洪能力将有较大提高,特别是荆江地区防洪形势将发生根本性变化:

对荆江地区,遇100年一遇及以下洪水(如1931年、1935年、1954年洪水;1954年洪水洪峰流量在荆江地区不到100年一遇),可使沙市水位不超过44.5m,不启用荆江分洪区;遇1000年一遇或类似1870年洪水,可使枝城流量不超过8万 m^3/s ,配合荆江地区的分洪区运用,可使沙市水位不超过45.0m,从而保证荆江两岸的防洪安全。此外,根据研究,三峡工程建成后为松滋等四口建闸控制创造了条件,减少分流入洞庭湖的水沙,延缓洞庭湖的淤积,松滋建闸可对澧水洪水进行错峰补偿,可减轻西洞庭湖地区圩垸的洪水威胁。

对城陵矶附近地区,一般年份基本上可不分洪(各支流尾间除外);遇1931年、1935年、1998年、1954年大洪水,可减少本地区的分蓄洪量和土地淹没面积。

对武汉地区,由于长江上游洪水得到有效控制,可以避免荆江大堤溃决后洪水取捷径对武汉的威胁。三峡工程建成后,武汉以上控制洪水的能力除了原有的蓄滞洪区容量外,增加了三峡水库的防洪库容221.5亿 m^3 ,配合丹江口水库和武汉市附近地区的蓄滞洪区运用,可提高武汉防洪调度的灵活性。

三峡工程建成后,长江中下游仍面临着以下防洪问题:

①长江河道安全泄量与长江洪水峰高量大的矛盾十分突出。三峡工程的防洪库

容为 221.5 亿 m^3 ，相对于长江中下游巨大的超额洪量，防洪库容仍显不足。同时中下游仍有 80 万 km^2 的集水面积，有一些主要暴雨区和主要支流入汇，洪水量大，组成复杂。遇 1954 年大洪水，中下游干流仍将维持较高水位，按试验蓄水期的调度方式，三峡水库拦洪蓄峰后中下游仍有约 400 亿 m^3 的超额洪量需要安排，长江流域部分地区的防洪形势仍然严峻。

② 防洪体系尚未完建：长江上游、中下游支流及湖泊堤防工程未达到设计标准，蓄滞洪区建设严重滞后，下游干流河道局部河势控制和调整工程尚未实施，防洪非工程措施建设仍较落后，山洪灾害治理还处于起步阶段，等等。

③ 三峡及上游其他控制性水利水电工程建成后清水下泄导致长江中下游长河段、长时期的冲淤调整，对中下游河势、江湖关系带来较大影响，尚需加强观测，并研究采取相应的对策措施。

长江中下游所面临的防洪问题对三峡工程防洪调度方式提出了更高的要求。本书研究的目的是，在现有的防洪体系下，针对现状及三峡工程运用后 10 年左右长江中下游江湖关系的变化，对三峡工程防洪补偿调度方式进行研究，更合理地运用三峡水库 221.5 亿 m^3 的防洪库容，以减少长江中下游的超额洪量，尽可能地减少洪灾损失。

1.2 三峡水库防洪补偿调度方式研究

1.2.1 设计洪水分析

1.2.1.1 长江洪水的形成及类型

长江流域的洪水基本上都由暴雨形成，除青藏高原外，流域内到处都可能发生暴雨。长江流域洪水的发生时间和地区分布与暴雨一致，一般是中下游早于上游，江南早于江北：长江中下游鄱阳湖水系和洞庭湖水系湘、资、沅水一般为 4—7 月，澧水与清江、乌江为 5—8 月，金沙江下游和四川盆地各水系为 6—9 月，汉江为 7—10 月。一般年份各河洪峰互相错开，长江中下游干流可顺序承泄中下游支流和上游干支流洪水，不致造成大的洪灾。但如气象反常，干支流洪水先后遭遇，即可形成大洪水导致洪灾。

按暴雨地区分布和覆盖范围大小，通常将长江大洪水分为两种类型：一种类型是区域性大洪水，是由上游若干支流或中游汉江、澧水以及干流某些河段发生强度特别大的集中暴雨而形成的大洪水，历史上的 1860 年、1870 年及 1935 年、1981 年、1991 年洪水即为此类；另一种类型为全流域型大洪水，是某些支流雨季提前或推迟，上、中、下游干支流雨季相互重叠，形成全流域洪水量大、持续时间长的大洪水，1931 年、1954 年、1998 年和历史上的 1848 年、1849 年、1788 年洪水即属此类。但由于中下游地区要承泄上游干支流及中下游支流的来水，故不论哪一类洪

水均对中下游平原区造成很大的威胁。

1.2.1.2 长江中下游洪水特性

长江中下游干流接纳长江上游和中下游支流的来水,洪源不一,洪水组成复杂。长江中下游洪水峰高量大、持续时间长,一次洪水过程往往要持续 30~60 天,甚至更长。同一场洪水不同控制站的频率往往很不一致,同一场洪水同一站的洪峰流量、不同历时的洪量,频率往往也相差很大。以 20 世纪两场大洪水,即 1954 年洪水及 1998 年洪水为例,1954 年洪水在宜昌站洪峰流量为 $66800\text{m}^3/\text{s}$,重现期仅约 10 年,7 天洪量重现期约为 30 年,15 天洪量重现期接近 85 年,而 30 天洪量达 1386 亿 m^3 ,其重现期约 100 年;螺山站及汉口站 30 天洪量的重现期约 200 年。1998 年洪水宜昌洪峰流量为 $63300\text{m}^3/\text{s}$,重现期仅 6~8 年,30 天洪量 1379 亿 m^3 ,重现期接近 100 年,而汉口 30 天洪量重现期仅约 30 年,因此对长江中下游地区曾经发生的和将来可能发生的洪水,不宜笼统地说是相当于多少年一遇的洪水。不同站、不同水文要素之间有很大的变幅,干流站 1954 年洪水的重现期变幅也从 10 年变为 200 年,1998 年洪水的变幅从 6~8 年变为 100 年。同样,也不能把某一频率(或某一重现期)的洪水固定为某一组合模式。由于长江暴雨分布广,组合极为复杂,很难拟定流域设计暴雨或可能最大暴雨(PMP),加之产汇流的复杂性,更难推求设计洪水,因此多年来长江中下游一直采用实际发生的典型洪水或同倍比放大作为整体设计洪水。

1.2.1.3 典型洪水

依据长江历年来发生的实际大洪水资料,选取不同类型的洪水进行研究。典型洪水的选择主要考虑洪水量级、受灾严重程度、发生时间及洪水组成等方面具有代表性的洪水。所选典型以中下游大洪水为主,主要发生期以 7—8 月为主;在洪水地区组成上,既包括全流域性大洪水,也有以中下游为主或上游来水较丰的典型;在峰型方面多为复峰型和双峰型,若一次洪水过程历时长,也选择了历时稍短的单峰型洪水。按上述条件选择了 1931 年、1935 年、1954 年、1968 年、1969 年、1980 年、1983 年、1988 年、1996 年、1998 年等 10 场典型洪水,可比较全面地反映长江中下游洪水特性及出现规律。

(1) 1931 年洪水

1931 年长江发生了全流域性洪水,该年雨季来得较早,4 月份湘江、赣江上游月雨量就超过 300mm。5 月份雨区北移,长江中下游、湘江、赣江雨量达 300~400mm。自 6 月下旬开始至 7 月份,雨带徘徊于长江流域一带,长江广大地区普遍降雨,长江下游干流两岸和汉江中下游降雨骤增,7 月份的雨量超过常年同期雨量两倍以上,江湖洪水满盈。8 月上旬,先在川西及金沙江下段、汉江中下游、澧水相继发生暴雨;尔后长江上游暴雨有所减弱,中下游雨区再度扩大,降雨强度增大。长江上游金沙江、岷江、嘉陵江均发生大水,岷江洪水最大,高

场站洪峰流量达 $40800 \text{ m}^3/\text{s}$ ，与此同时，川水东下与长江中下游洪水遭遇，8月19日汉口站出现最高水位 28.28m，中下游堤防普遍漫溃，洞庭湖区滨湖各县几乎完全陷为泽国。

(2) 1935 年洪水

1935 年洪水主要来自长江三峡地区、清江、澧水和汉江，7 月上旬，鄂西、湘西北山地发生了雨带位置稳定、持续时间长、强度大而集中的特大暴雨。7 月 3—7 日，雨带主要位于湘西北段—鄂西山地东侧，且有南北两个暴雨中心，南部中心五峰的雨量为 1282mm，北部中心兴山的雨量为 1084mm。由于暴雨急骤，致使三峡地区、清江、澧水、汉江洪水陡涨。澧水三江口站洪峰流量达 $30300 \text{ m}^3/\text{s}$ ，清江搬鱼咀站为 $15000 \text{ m}^3/\text{s}$ ，汉江干流丹江口站为 $50000 \text{ m}^3/\text{s}$ ，是这些支流罕见的特大洪水。7 月 7 日，宜昌最大洪峰流量为 $56900 \text{ m}^3/\text{s}$ ，虽不算太大，但由于与清江、澧水、汉江洪水遭遇，短时段洪量集中，洪水来势凶猛，荆江大堤在得胜台溃决。

(3) 1954 年洪水

1954 年长江流域出现了全流域性特大洪水，水位高、洪水量大、持续时间长，造成极为严重的洪涝灾害。

1954 年大气环流反常，长江中下游梅雨雨区呈东西向带状，覆盖范围广，暴雨次数多，在长江南北两岸徘徊长达两个月之久，比常年长约 1 个月。6、7 两月总雨量在 300mm 以上的雨区极广，覆盖了长江中下游全部及上游大部分地区。长江中下游各站 6、7 月雨量占年雨量的 60% ~ 80%，为常年同期降水量的 2 ~ 4 倍。由于长江中下游主雨季延长，致使长江上游、中游、下游先后发生洪水。长江上游、中游干支流洪水相互遭遇，形成长江近百年未有的特大洪水。长江中下游沙市水位达 44.67m，城陵矶最高水位为 33.95 m，汉口水位创历史记录，达 29.73m。

该年宜昌洪水主要出现在 7—8 月，8 月 7 日年最大洪峰流量达 $66800 \text{ m}^3/\text{s}$ ，居有记录以来第 5 位。枝城站洪峰流量达 $71900 \text{ m}^3/\text{s}$ ，为保证荆江大堤安全，曾 3 次启用荆江分洪区分洪和多处扒口分洪，分洪溃口水量高达 1023 亿 m^3 。这次洪水在向下游传播时，先与南岸清江、沙—螺区间洪水遭遇，再与汉江洪水遭遇。鄱阳湖水系已于 6 月 20 日前出现年最大流量，7 月 16 日出现最高水位，其出流使安庆、大通提前半月出现年最大洪水。

(4) 1996 年洪水

1996 年长江洪水是区域性洪水，主要发生在长江中游干流和洞庭湖水系，由梅雨期暴雨形成。

1996 年 6 月 19 日至 7 月 22 日梅雨期间，长江中下游经历了 7 次暴雨过程，其中 4 次暴雨过程的雨区呈东北西南向带状，持续笼罩沅水、资水、洞庭湖至鄂东北地区长达 20 天之久。7 月 13—18 日暴雨是这 4 次暴雨中强度最大、持续时间最长、降雨