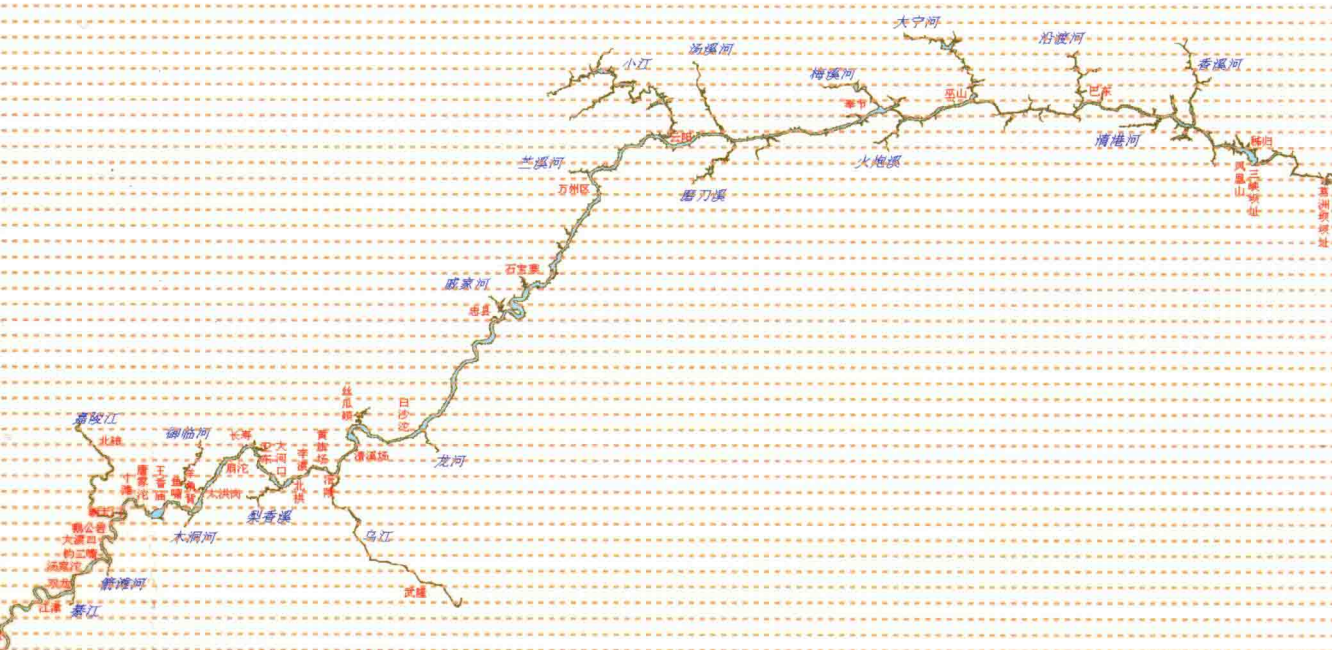
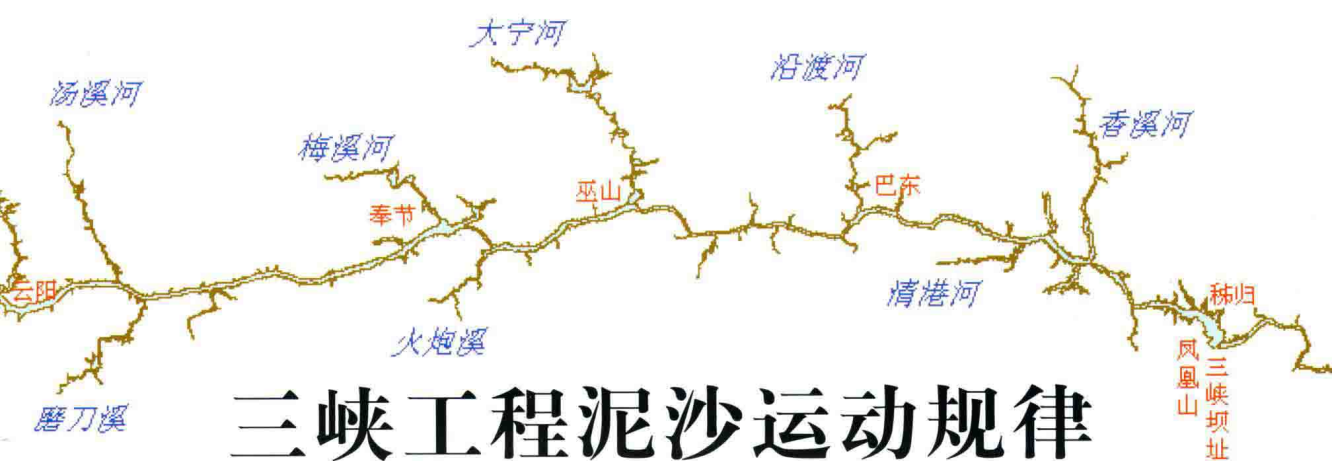


# 三峡工程泥沙运动规律 与模拟技术

胡春宏 方春明 陈绪坚 吉祖稳 王延贵 王 敏 著



科学出版社



# 三峡工程泥沙运动规律 与模拟技术

胡春宏 方春明 陈绪坚 吉祖稳 王延贵 王 敏 著

科学出版社

北京

## 内 容 简 介

本书由“十二五”国家科技支撑计划课题“三峡水库及下游河道泥沙模拟关键技术研究”(编号:2012BAB04B02)等研究成果系统总结而成。基于2003年三峡水库蓄水运用以来水库和下游河道泥沙冲淤的实测资料,采用现场观测、试验研究、理论分析和数学模型模拟等相结合的研究方法,揭示水库非均匀不平衡输沙、泥沙絮凝、水库排沙比、库区淤积及下游河道冲刷等规律,改进和完善三峡水库及下游河道泥沙模拟技术,提高了模拟精度,预测三峡水库和下游河道未来50年的冲淤变化趋势,为三峡水库优化调度和长江综合治理提供科技支撑。

本书可供从事泥沙运动力学、河床演变与河道治理、水库调度、防洪减灾、长江治理等方面研究、规划、设计 and 管理的科技人员及高等院校相关专业的师生参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

三峡工程泥沙运动规律与模拟技术 / 胡春宏等著. —北京: 科学出版社, 2017.3  
ISBN 978-7-03-051503-2

I. ①三… II. ①胡… III. ①三峡水利工程—水库泥沙—泥沙运动—研究  
IV. ①TV145

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 324157 号

责任编辑: 李 敏 杨逢渤 / 责任校对: 张凤琴

责任印制: 肖 兴 / 封面设计: 黄华斌

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>

北京新华印刷有限公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

\*

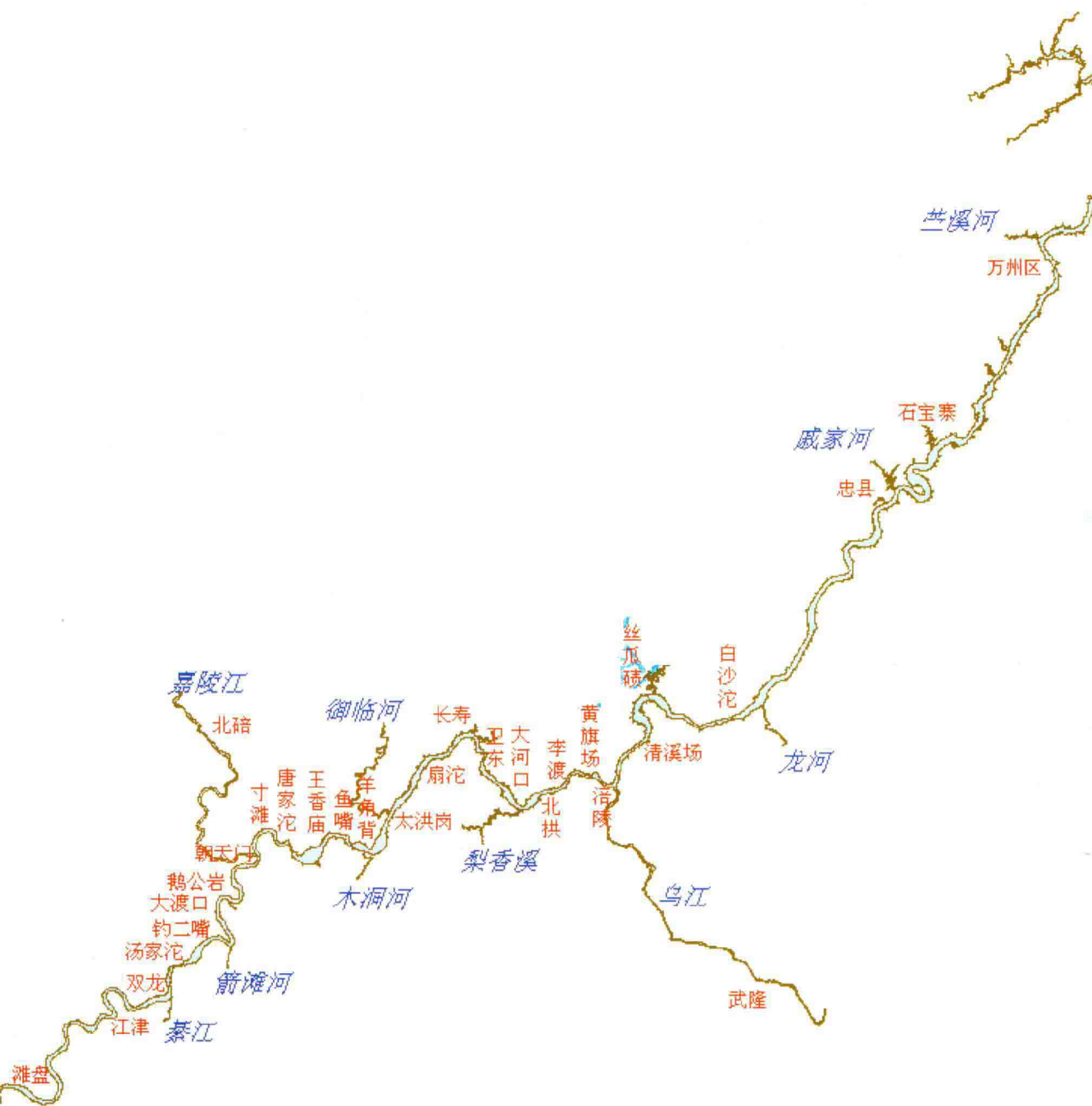
2017年3月第一版 开本: 787×1092 1/16

2017年3月第一次印刷 印张: 18 1/4 插页: 2

字数: 450 000

定价: 148.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)



## 前 言

长江三峡水利枢纽工程是治理和开发长江的关键性骨干工程，具有防洪、发电、航运、水资源利用等综合效益，工程坝址位于湖北省宜昌市三斗坪镇。三峡水库于2003年6月开始蓄水运行，蓄水至135m，进入围堰发电期，2008年进入175m试验性蓄水期，2010年达到了正常蓄水位175m，相应库容为393亿 $\text{m}^3$ 。三峡水库蓄水位达到175m时库区回水影响长度约为660km，水流流速减缓，导致进入库区泥沙淤积。据实测资料统计，2003年6月~2013年12月，三峡库区泥沙淤积总量为15.31亿t，水库平均排沙比为24.5%。三峡库区泥沙淤积分布，总体上，越往坝前淤积强度越大，且泥沙颗粒较细。三峡水库蓄水运用至今，下游河道冲刷主要发生在宜昌至湖口的长江中游河段，2002年10月~2013年10月，平滩河槽冲刷量为11.90亿 $\text{m}^3$ ，而湖口以下的长江下游河段，输沙量也大幅度减少，冲刷影响直至长江河口。

泥沙问题是影响三峡工程安全运行的关键技术问题之一，也事关长江中下游防洪、航运、供水和生态安全等热点问题。针对三峡工程2003年蓄水运用以来出现的一些新情况和新问题，“十二五”国家科技支撑计划开展了“三峡水库和下游河道泥沙模拟与调控技术”项目研究。本书为项目第2课题“三峡水库及下游河道泥沙模拟关键技术研究”的成果，其研究目标是：进一步研究三峡水库泥沙运动规律及其对下游河道的影响，改进和提高泥沙数学模型模拟技术，解决三峡工程运行和管理中的泥沙问题，为保障三峡工程长期安全运行和持续发挥综合效益以及重庆主城区港口与航道治理提供科技支撑。课题以三峡水库蓄水运用以来实测水文泥沙观测资料为基础，采用现场观测、试验研究、理论分析和数学模型模拟相结合的技术手段，系统地研究三峡水库不平衡非均匀泥沙输移、水库排沙比变化、水库泥沙絮凝、重庆主城区河道走沙、水库淤积和下游河道冲刷规律等，并将相关成果应用于三峡水库和下游河道泥沙数学模型的改进，提高了模拟精度，预测新水沙条件下三峡水库和下游河道泥沙冲淤变化趋势。经过4年的系统研究，在三峡水库大水深强不平衡泥沙输移规律、水库泥沙絮凝机理、重庆主城区河道走沙临界条件等方面取得了创新性理论成果；改进和完善了三峡水库及下游河道泥沙数学模型，在模拟技术方面取得了创新进展，提高了模拟精度。

本课题由多家科研单位共同承担，课题参加单位和主要完成人如下，中国水利水电科学研究院：胡春宏、方春明、吉祖稳、毛继新、陈绪坚、关见朝、王党伟、董占地、邓安军、胡海华、陆琴、张磊、王大宇、何芳娇；长江科学院：范北林、张细兵、王敏、葛华、黄仁勇、胡向阳、崔占峰、蔺秋生、赵瑾琼、毛冰、申康、邓春艳、胡德超、张杰、宫平；国际泥沙研究培训中心：王延贵、史红玲、张燕菁、曾险、刘成。课题组全体成员密切配合，相互支持，圆满完成了课题研究任务，在此对他们的辛勤劳动表示诚挚的感谢。

本书是在课题研究成果的基础上总结撰写而成，共分7章，撰写分工如下：第1章三峡工程概况，由胡春宏、方春明执笔；第2章三峡工程运用后水库淤积与下游河道冲刷，由胡春宏、方春明执笔；第3章三峡水库泥沙运动规律，由陈绪坚、胡春宏、吉祖稳、王党伟执笔；第4章重庆主城区河段泥沙冲淤规律与航道碍航调控措施，由王延贵、胡春宏、史红玲执笔；第5章三峡水库泥沙絮凝形成机理与影响，由吉祖稳、王党伟等执笔；第6章三峡水库泥沙数学模型改进与水库淤积预测，由方春明、毛继新、关见朝等执笔；第7章三峡水库下游河道泥沙数学模型改进与河道冲淤预测，由王敏、黄仁勇等执笔。全书由胡春宏审定统稿。

泥沙的冲淤变化及影响是一个逐步累积的长期过程，并具有偶然性和随机性，随着三峡水库的运行，三峡工程泥沙问题将不断发展变化，书中涉及的一些内容仍需要深入研究。书中存在欠妥和不足之处，敬请读者批评指正。

作者  
2016年7月

# 目 录

## 前言

|       |                              |     |
|-------|------------------------------|-----|
| 第 1 章 | 三峡工程概况 .....                 | 1   |
| 1.1   | 三峡工程基本情况 .....               | 2   |
| 1.2   | 三峡水库调度运行情况 .....             | 4   |
| 第 2 章 | 三峡工程运用后水库淤积与下游河道冲刷 .....     | 10  |
| 2.1   | 三峡水库泥沙淤积变化 .....             | 11  |
| 2.2   | 三峡水库下游河道冲刷变化 .....           | 24  |
| 2.3   | 小结 .....                     | 55  |
| 第 3 章 | 三峡水库泥沙运动规律 .....             | 57  |
| 3.1   | 三峡水库泥沙运动基本规律 .....           | 58  |
| 3.2   | 三峡水库排沙比 .....                | 65  |
| 3.3   | 三峡水库恢复饱和系数 .....             | 80  |
| 3.4   | 小结 .....                     | 94  |
| 第 4 章 | 重庆主城区河段泥沙冲淤规律与航道碍航调控措施 ..... | 95  |
| 4.1   | 重庆河段输沙特征 .....               | 96  |
| 4.2   | 重庆主城区河段冲淤和走沙规律 .....         | 113 |
| 4.3   | 重庆主城区河段航运条件与调控措施 .....       | 141 |
| 4.4   | 小结 .....                     | 157 |
| 第 5 章 | 三峡水库泥沙絮凝形成机理与影响 .....        | 159 |
| 5.1   | 泥沙絮凝研究现状 .....               | 160 |
| 5.2   | 三峡水库泥沙絮凝现场观测与分析 .....        | 169 |
| 5.3   | 三峡水库泥沙絮凝形成机理分析 .....         | 183 |
| 5.4   | 三峡水库泥沙絮凝沉降室内试验 .....         | 190 |
| 5.5   | 三峡水库泥沙絮凝及影响综合分析 .....        | 199 |
| 5.6   | 小结 .....                     | 200 |
| 第 6 章 | 三峡水库泥沙数学模型改进与水库淤积预测 .....    | 202 |
| 6.1   | 三峡水库泥沙数学模型简介 .....           | 203 |
| 6.2   | 三峡水库泥沙数学模型改进方法 .....         | 206 |

---

|      |                               |     |
|------|-------------------------------|-----|
| 6.3  | 三峡水库泥沙模型单因素改进效果分析 .....       | 212 |
| 6.4  | 三峡水库泥沙模型验证与综合改进效果分析 .....     | 220 |
| 6.5  | 新水沙条件下三峡水库泥沙淤积预测 .....        | 234 |
| 6.6  | 小结 .....                      | 244 |
| 第7章  | 三峡水库下游河道泥沙数学模型改进与河道冲淤预测 ..... | 245 |
| 7.1  | 三峡水库下游河道泥沙数学模型简介 .....        | 246 |
| 7.2  | 三峡水库下游河道泥沙数学模型改进 .....        | 249 |
| 7.3  | 三峡水库下游河道泥沙数学模型改进效果分析 .....    | 264 |
| 7.4  | 三峡水库下游河道泥沙数学模型验证 .....        | 267 |
| 7.5  | 新水沙条件下三峡水库下游河道冲淤预测 .....      | 275 |
| 7.6  | 小结 .....                      | 282 |
| 参考文献 | .....                         | 283 |

## 第 1 章

## Chapter 1

# 三峡工程概况

## 1.1 三峡工程基本情况

长江三峡水利枢纽工程是治理和开发长江的关键性骨干工程,开发任务是防洪、发电、航运和水资源等综合利用。通过修建三峡水库,减轻和防止长江中下游、特别是荆江河段的洪水灾害,向华中、华东和重庆提供电力,改善长江重庆至宜昌河段及中游航道的通航条件。三峡工程具有防洪、发电、航运等巨大综合效益,是举世瞩目的特大型水利水电工程。三峡工程采用坝式开发,坝址位于湖北省宜昌市三斗坪镇,距下游已建成的葛洲坝水利枢纽约40km。坝址控制流域面积约为100万 $\text{km}^2$ ,多年平均径流量为4510亿 $\text{m}^3$ ,多年平均输沙量为5.3亿t。三峡工程主要建筑物由拦江大坝、水电站和通航建筑物三大部分组成,工程建设总工期17年,按“一级开发、一次建成、分期蓄水、连续移民”的方案实施。

1994年12月14日,三峡工程正式开工建设;2003年11月,首批6台机组相继投产发电;2006年5月20日,三峡大坝全线建成,达到185m设计高程;2006年11月27日,三峡工程蓄水至156m;2008年,三峡工程试验性蓄水至172.8m,防洪达到防御百年一遇洪水条件,电站26台机组全部投产发电;2009年8月,三峡工程通过了国务院长江三峡三期工程验收委员会关于正常蓄水位蓄至175m水位的验收;2010年10月26日,三峡工程首次达到175m正常蓄水位,标志着其防洪、发电、通航、水资源利用等各项功能达到设计要求。

三峡水库正常蓄水位为175m,汛限水位为145m,死水位为145m。相应于正常蓄水位,水库全长为660km,水面平均宽度为1.1km,总面积为1084 $\text{km}^2$ ,库容为393亿 $\text{m}^3$ ,其中防洪库容为221.5亿 $\text{m}^3$ ,调节性能为季调节。

三峡工程拦河大坝为混凝土重力坝,坝轴线全长为2309.5m,底部宽为115m,顶部宽为40m,坝顶高程为185m,最大坝高181m。泄洪坝段位于河床中部,前缘总长为483m,设有22个表孔和23个泄洪深孔,其中深孔进口高程为90m,孔口尺寸为7m×9m;表孔孔口宽为8m,溢流堰顶高程为158m,表孔和深孔均采用鼻坎挑流方式进行消能。三峡工程的设计标准是可防御千年一遇洪水,校核标准是可防御万年一遇洪水再加10%。即当峰值为98800 $\text{m}^3/\text{s}$ 的千年一遇洪水来临时,大坝本身仍能正常运行;当峰值流量为113000 $\text{m}^3/\text{s}$ 的万年一遇洪水再加10%时,大坝主体建筑物不会遭到破坏。三峡工程可将下游荆江河段的防洪标准提高到百年一遇,遇到超过百年一遇至千年一遇洪水,配合分蓄洪工程,也可保障荆江河段安全。

电站坝段位于泄洪坝段两侧,设有电站进水口,进水口底板高程为108m。压力输水管道为背管式,内直径为12.4m,采用钢衬钢筋混凝土联合受力的结构形式。三峡水电站共安装32台单机容量为700MW的水轮发电机组,其中左岸14台、右岸12台、地下6台,另外还有2台50MW的电源机组,总装机容量为22500MW,年平均发电量为882亿 $\text{kW}\cdot\text{h}$ 。

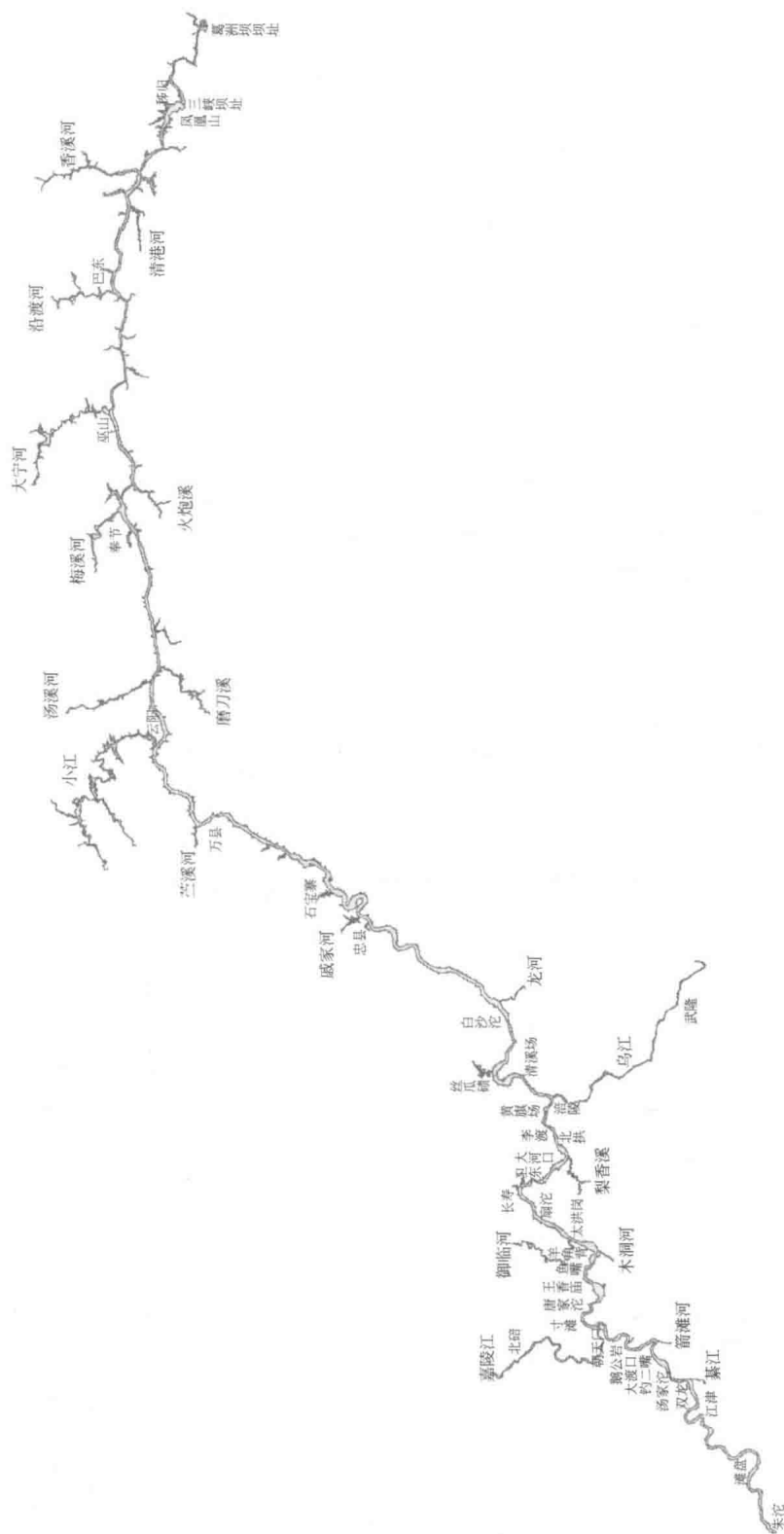


图 1-1 三峡库区河道示意图

船闸位于左岸山体内部，为双线五级连续梯级船闸。单级闸室有效尺寸为  $280\text{m} \times 34\text{m} \times 5\text{m}$ （长 $\times$ 宽 $\times$ 坎上水深），可通过万吨级船队，年单向通过能力为 5000 万 t。升船机为单线一级垂直升船机，可通过 3000t 级客货轮，单向年通过能力为 350 万 t。在靠左岸岸坡设有一条单线一级临时船闸，满足施工期通航的需要，其闸室有效尺寸为  $240\text{m} \times 24\text{m} \times 4\text{m}$ 。临时通航船闸停止运用后，该坝段改建成两个冲沙孔。三峡垂直升船机与三峡主体工程同步设计施工，1995 年经国务院批准缓建，2013 年 2 月 28 日，升船机工程进入全面建设阶段，计划于 2015 年建成。

三峡水库泥沙问题涉及的范围大，三峡库区 175m 蓄水位的回水影响长度（大坝至江津）约为 660km（图 1-1），其中大坝至涪陵库段为常年回水区，长约为 500km，涪陵至江津库段为变动回水区，长约为 160km。

三峡水库兴建后，水库常年回水区水深增大，水流流速减缓，滩险消除，航道条件得到根本改善。变动回水区上段的航道、港区较建库前也有明显改善，局部库段在枯季库水位消落时出现淤积碍航情况，通过疏浚等措施保证了通航条件。库区万县（现万州）、涪陵等港口将可建成深水港，有充足的水域为干、支流直达或中转提供编队作业区。

三峡工程对下游河道的影响直至河口，目前冲刷主要发生在宜昌至湖口的长江中游河段，长约为 955km；湖口以下的长江下游河段，长约为 938km，输沙量也大幅度减少。三峡水库的调节作用增加了下游河道枯水流量，试验性蓄水以后枯期流量在  $5500\text{m}^3/\text{s}$  以上，且流量、水位的波动幅度明显减小，对航运有利。由于淹没了滩险，扩大了航道尺度，改善了航运水流条件，航道维护费用减少，船舶运输效益明显提高，运输周转加快，为保证航运安全及促进长江航运事业的发展创造了极为有利的条件，对加速西南地区经济发展具有积极的促进作用。

## 1.2 三峡水库调度运行情况

### 1.2.1 初步设计水库运行方式

三峡水库运行调度的基本原则是满足防洪、发电、航运、水资源利用和排沙的综合要求。每年的 5 月末至 6 月初，为了腾出防洪库容，坝前水位降至汛期防洪限制水位 145m；汛期 6~9 月，水库维持此低水位运行，水库下泄流量与天然情况相同。在遇大洪水时，根据下游防洪需要，水库拦洪蓄水，库水位抬高，洪峰过后，仍降至防洪限制水位 145m 运行。三峡工程可研报告将“蓄清排浑”运用方式作为长期保留水库有效库容的基本措施，即在汛期多沙季节，水库水位绝大多数时间维持在防洪限制水位 145m，有利于泥沙排出库外，汛后在泥沙较少的 10 月才蓄水至 175m。

汛末 10 月，水库蓄水，下泄流量有所减少，水位逐步升高至正常蓄水位 175m，只有在枯水年份，这一蓄水过程延续到 11 月。12 月至次年 4 月，水电站按电网调峰要求运行，水库尽量维持在较高水位。1~4 月，当入库流量低于电站保证出力对流量的要求时，动用调节库容，此时出库流量大于入库流量，库水位逐渐降低，但 4 月末以前水位

最低高程不低于枯水季消落低水位 155m，以保证发电水头和上游航道必要的航深。每年 5 月开始进一步降低库水位。三峡水库初步设计调度运行方式如图 1-2 所示。

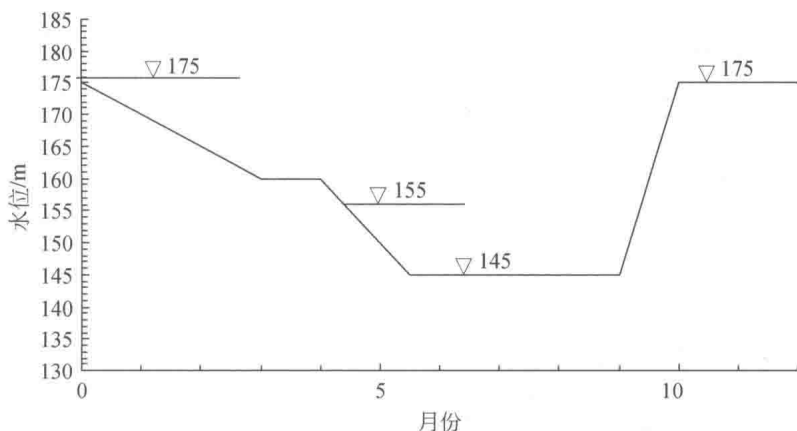


图 1-2 三峡水库初步设计调度运行方式

## 1.2.2 蓄水以来水库运行情况

### 1. 运行方式

2003 年 6 月，三峡水库蓄水至 135m，进入围堰发电期。同年 11 月，水库蓄水至 139m，围堰发电期运行水位为 135 m（汛限水位）至 139m（蓄水期）。2006 年 10 月，水库蓄水至 156m，较初步设计提前 1 年进入初期运行期。初期运行期运行水位为 144 ~ 156m。2008 年汛后，三峡水库开始进行 175m 试验性蓄水，当年最高蓄水位达到了 172.8m，较初步设计提前 5 年进行三峡水库 175m 的试验性蓄水。

2009 年，针对三峡水库蓄水以来运行条件发生的较大改变，为满足水利部门和航运部门从提高下游供水、防洪、航运等方面对三峡水库调度提出的更高需求，水利部等有关部门组织对三峡水库进行了优化调度研究。同年 10 月，国务院批准了《三峡水库优化调度方案》（以下简称《方案》），将三峡水库汛后蓄水时间由初步设计时的 10 月初提前到了 9 月中旬，《方案》提出的蓄水调度方式为：一般情况下 9 月 15 日开始兴利蓄水；蓄水期间库水位按分段控制上升的原则，9 月 30 日水位不超过 156m（视来水情况，经防汛部门批准后可蓄至 158m），10 月底可蓄至汛后最高水位 175m；蓄水期间下泄流量 9 月按 8000 ~ 10 000m<sup>3</sup>/s 控制，10 月上旬、中旬、下旬分别按不小于 8000m<sup>3</sup>/s、7000m<sup>3</sup>/s、6500m<sup>3</sup>/s 控制，11 月按保证葛洲坝枢纽下游（庙嘴站）水位不低于 39m 和三峡水电站保证出力对应的流量控制；《方案》允许汛限水位上浮至 146.5m。2009 年汛末，三峡水库从 9 月 15 日开始蓄水，由于遭遇了上游来水偏枯与下游持续干旱的情况，水库蓄水至 171.43m。

2010 年国家防汛抗旱总指挥部《关于三峡-葛洲坝水利枢纽 2010 年汛期调度运用方案的批复》（国汛〔2010〕6 号）中明确了“当长江上游发生中小洪水，根据实时雨水情和预测预报，在三峡水库尚不需要实施对荆江河段或城陵矶地区进行防洪补偿调度，

且有充分把握保障防洪安全时,三峡水库可以相机进行调洪运用”,第一次明确提出了“中小洪水调度”的运用方式,并予以实施。根据2009年调度的经验,2010年以后,三峡水库在提前蓄水时间方面,采取了汛末蓄水与前期防洪运用相结合的方式,根据国家防汛抗旱总指挥部办公室批复意见,汛末蓄水时间进一步提前至9月10日,从2010~2015年,连续6年实现了175m蓄水目标。

2011年消落期,三峡水库根据下游河道抗旱补水需求,实施了抗旱补水调度。根据四大家鱼繁殖条件研究,汛初开展了生态调度试验。2012年消落期,三峡水库实施了库尾泥沙减淤调度试验,并在汛前和汛初实施了两次生态调度试验。为提高水库排沙比,汛期实施了沙峰排沙调度,汛期成功经受了建库以来最大洪峰 $71\,200\text{m}^3/\text{s}$ 的洪水考验。2013年消落期,三峡水库再次实施了库尾减淤调度,并在汛前再次实施了生态调度试验,汛期实施了沙峰调度。

## 2. 水库蓄水位变化过程

2003年6月~2006年9月为三峡水库围堰发电期,坝前水位按135m(汛期)至139m(非汛期)运行,水库回水末端达到重庆市涪陵区李渡镇,回水长度约为498km;2006年9月~2008年9月为三峡水库初期运行期,汛期在水库没有防洪任务时水位按143.9~145m控制,枯季水位按156m控制,水库回水末端达到重庆铜锣峡,回水长度约为598km。

2008年汛末开始实施175m试验性蓄水,水库回水末端达到重庆江津附近,回水长度约为660km。2008年和2009年水库最高蓄水位分别为172.80m和171.43m,2010~2015年三峡水库实现了175m蓄水目标。三峡水库蓄水以来,坝前水位变化过程如图1-3所示,水库蓄水期各年特征水位和流量见表1-1。

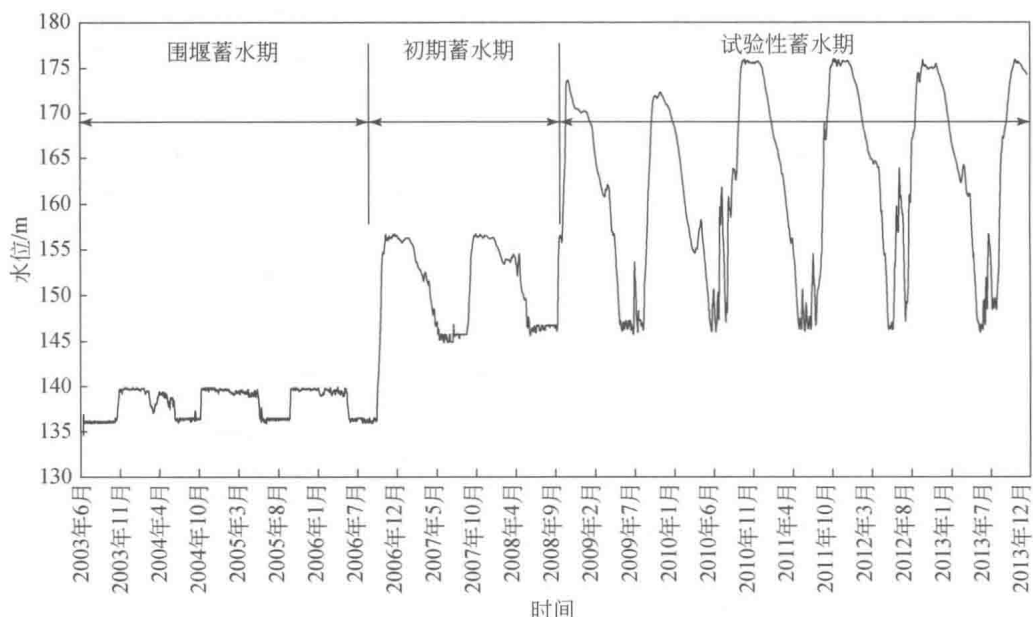


图 1-3 三峡水库蓄水以来坝前水位变化过程

表 1-1 三峡水库蓄水运用以来各年特征水位和流量统计表

| 年份   | 汛前最低<br>水位/m | 汛期水位/m |        |        | 汛期入库最大<br>洪峰 (月, 日) /<br>( $\text{m}^3/\text{s}$ ) | 汛期出库最大<br>洪峰 (月, 日) /<br>( $\text{m}^3/\text{s}$ ) | 汛后最高蓄水位<br>(月, 日) /m |
|------|--------------|--------|--------|--------|----------------------------------------------------|----------------------------------------------------|----------------------|
|      |              | 最低     | 最高     | 平均     |                                                    |                                                    |                      |
| 2003 | 135.07       | 135.04 | 135.37 | 135.18 | 46 000 (9.4)                                       | 44 900 (9.5)                                       | 138.66 (11.6)        |
| 2004 | 135.33       | 135.14 | 136.29 | 135.53 | 60 500 (9.8)                                       | 56 800 (9.9)                                       | 138.99 (11.26)       |
| 2005 | 135.08       | 135.33 | 135.62 | 135.50 | 45 200 (7.12)                                      | 45 100 (7.23)                                      | 138.93 (12.15)       |
| 2006 | 135.19       | 135.04 | 141.61 | 135.80 | 29 500 (7.10)                                      | 29 200 (7.10)                                      | 155.77 (12.4)        |
| 2007 | 143.97       | 143.91 | 146.17 | 144.70 | 52 500 (7.30)                                      | 47 300 (7.31)                                      | 155.81 (10.31)       |
| 2008 | 144.66       | 144.96 | 145.96 | 145.61 | 39 000 (8.17)                                      | 38 700 (8.16)                                      | 172.80 (11.10)       |
| 2009 | 145.94       | 144.77 | 152.88 | 146.38 | 55 000 (8.6)                                       | 40 400 (8.5)                                       | 171.43 (11.25)       |
| 2010 | 146.55       | 145.05 | 161.24 | 151.69 | 70 000 (7.20)                                      | 41 500 (7.27)                                      | 175.05 (11.02)       |
| 2011 | 145.94       | 145.10 | 153.62 | 147.94 | 46 500 (9.21)                                      | 28 700 (6.25)                                      | 175.07 (10.31)       |
| 2012 | 145.84       | 145.05 | 163.11 | 152.78 | 71 200 (7.24)                                      | 45 600 (7.30)                                      | 175.02 (10.30)       |
| 2013 | 145.19       | 145.06 | 155.78 | 148.66 | 49 000 (7.21)                                      | 35 700 (7.25)                                      | 175.00 (11.11)       |

2008~2013年汛期,长江上游多次发生较大洪水,水库进行了中小洪水调度。如2010年汛期,三峡水库先后3次对入库大于 $50\,000\text{m}^3/\text{s}$ 的洪水进行调度,累计拦蓄水量为260多亿立方米,其中对最大入库流量 $70\,000\text{m}^3/\text{s}$ 的洪水,控制出库流量为 $40\,000\text{m}^3/\text{s}$ ,拦蓄水量约为80亿 $\text{m}^3$ ,库水位最高达161.24m;2012年汛期,先后4次对大于 $50\,000\text{m}^3/\text{s}$ 的洪水进行调度,累计拦蓄水量为228.2亿 $\text{m}^3$ ,其中对三峡水库建库以来最大入库流量 $71\,200\text{m}^3/\text{s}$ 的洪水,控制出库流量为 $44\,100\text{m}^3/\text{s}$ ,拦蓄水量为51.75亿 $\text{m}^3$ ,库水位最高达163.11m。

### 3. 不同阶段水库运行调度

#### (1) 围堰发电期

2003年6月~2006年9月为三峡水库围堰发电期,坝前水位按135m(汛期)至139m(非汛期)控制。为确保三峡水利枢纽(围堰发电期)-葛洲坝水利枢纽工程安全,逐步发挥综合效益,三峡工程实施了三峡(围堰发电期)-葛洲坝梯级调度。围堰发电期的主要任务是在保证工程安全的前提下,逐步发挥发电、通航效益。葛洲坝水利枢纽是三峡的航运反调节枢纽,主要任务是对三峡水利枢纽日调节下泄的非恒定流过程进行反调节,在保证航运安全和通畅的条件下充分发挥发电效益。

围堰发电期防洪调度以确保三峡水利枢纽工程及其施工安全为前提条件。围堰发电期三峡水库没有为长江中下游设置防洪库容。在非常情况下,确保围堰安全运行的同时,可以适度发挥滞洪错峰作用,每年6~9月汛期,水库水位一般维持在防洪限制水位135m;10月水库开始蓄水,一般年份10月末水库蓄水至139m;枯水期11月至次年4月底维持139m运行,4月底至5月中旬水库水位消落至低水位135m。

围堰发电期间的三峡水库运行情况见表1-2。由表1-2可见,坝前平均水位为137.21m,最高水位为138.99m(2003年12月30日),最低水位为135.07m(2006年8

月 30 日), 最高与最低水位差为 3.92m; 入库平均流量为  $13\,700\text{ m}^3/\text{s}$ , 最大入库流量为  $59\,100\text{ m}^3/\text{s}$  (2004 年 9 月 8 日), 最小入库流量为  $3\,680\text{ m}^3/\text{s}$  (2004 年 1 月 30 日); 出库平均流量为  $13\,700\text{ m}^3/\text{s}$ , 最大出库流量为  $55\,200\text{ m}^3/\text{s}$  (2004 年 9 月 9 日), 最小出库流量为  $3\,760\text{ m}^3/\text{s}$  (2004 年 2 月 1 日)。

表 1-2 围堰发电期三峡水库运行特征值统计表

| 项目            | 入库/ ( $\text{m}^3/\text{s}$ ) | 出库/ ( $\text{m}^3/\text{s}$ ) | 坝前水位 (吴淞) /m                 | 坝下水位 (吴淞) /m               |
|---------------|-------------------------------|-------------------------------|------------------------------|----------------------------|
| 平均值           | 13 700                        | 13 700                        | 137.21                       | 66.11                      |
| 最大值<br>(出现时间) | 59 100<br>(2004 年 9 月 8 日)    | 55 200<br>(2004 年 9 月 9 日)    | 138.99<br>(2003 年 12 月 30 日) | 73.50<br>(2004 年 9 月 9 日)  |
| 最小值<br>(出现时间) | 3 680<br>(2004 年 1 月 30 日)    | 3 760<br>(2004 年 2 月 1 日)     | 135.07<br>(2006 年 8 月 30 日)  | 63.49<br>(2006 年 2 月 13 日) |

## (2) 初期运行期

2006 年 10 月~2008 年 9 月为三峡水库初期运行期, 水库最高蓄水位达到初期蓄水位 156m。三峡水库初期运行期的主要任务是在保证已建工程及施工安全的前提下, 逐步发挥防洪、发电、航运、水资源利用等综合效益。葛洲坝水利枢纽是三峡水利枢纽的航运反调节枢纽, 主要任务是对三峡水利枢纽日调节下泄的非恒定流过程进行反调节, 在保证航运安全和通畅的条件下充分发挥发电效益。防洪调度的主要任务是在保证三峡水利枢纽工程及施工安全和葛洲坝水利枢纽度汛安全的前提下, 利用水库拦蓄洪水, 提高荆江河段防洪标准; 特殊情况下, 适当考虑城陵矶附近的防洪要求。当发挥防洪作用与保证枢纽工程安全有矛盾时, 服从枢纽建筑物和工程施工安全进行调度。

根据初期运行期调度规程, 全年库水位控制分为 4 个阶段: 供水期 (1~4 月、11 月、12 月)、汛前消落期 (5 月 1 日~6 月 10 日)、汛期 (6 月 11 日~9 月 24 日)、蓄水期 (9 月 25 日~10 月 23 日)。水位控制范围: 汛期在水库没有防洪任务时控制在 143.9~145m, 其他阶段控制在 143.9~156m。

三峡水库初期运行期情况见表 1-3。由表可见, 坝前平均水位为 150.28m, 最高水位为 155.82m (2007 年 10 月 31 日), 最低水位为 143.99m (2007 年 7 月 8 日), 最高水位与最低水位差为 11.83m; 三峡水库入库平均流量为  $12\,700\text{ m}^3/\text{s}$ , 最大入库流量为  $50\,500\text{ m}^3/\text{s}$  (2007 年 7 月 30 日), 最小入库流量为  $2\,770\text{ m}^3/\text{s}$  (2007 年 2 月 27 日); 出库平均流量为  $12\,600\text{ m}^3/\text{s}$ , 最大出库流量为  $45\,400\text{ m}^3/\text{s}$  (2007 年 7 月 30 日), 最小出库流量为  $4\,510\text{ m}^3/\text{s}$  (2006 年 12 月 27 日)。

表 1-3 初期运行期三峡水库运行特征值统计表

| 项目            | 入库/ ( $\text{m}^3/\text{s}$ ) | 出库/ ( $\text{m}^3/\text{s}$ ) | 坝前水位 (吴淞) /m                 | 坝下水位 (吴淞) /m               |
|---------------|-------------------------------|-------------------------------|------------------------------|----------------------------|
| 平均值           | 12 700                        | 12 600                        | 150.28                       | 66.03                      |
| 最大值<br>(出现时间) | 50 500<br>(2007 年 7 月 30 日)   | 45 400<br>(2007 年 7 月 30 日)   | 155.82<br>(2007 年 10 月 31 日) | 71.34<br>(2007 年 7 月 31 日) |
| 最小值<br>(出现时间) | 2 770<br>(2007 年 2 月 27 日)    | 4 510<br>(2006 年 12 月 27 日)   | 143.99<br>(2007 年 7 月 8 日)   | 63.92<br>(2007 年 5 月 21 日) |

### (3) 试验性蓄水期

2008 年汛后, 三峡水库开始 175m 试验性蓄水, 2008 年 11 月蓄水至 172.8m, 2009 年 11 月蓄水至 171.43m, 2010 年 10 月蓄水至正常蓄水位 175m。试验性蓄水期运行水位为 145m (汛限水位) 至 175m (正常蓄水位)。三峡水库试验性蓄水期的主要任务是全面发挥防洪、发电、航运、水资源利用等综合效益。葛洲坝水利枢纽是三峡水利枢纽的航运反调节枢纽, 主要任务是对三峡水利枢纽日调节下泄的非恒定流过程进行反调节, 在保证航运安全和通畅 (按设计标准) 的条件下充分发挥发电效益。

2009 年 9 月 ~ 2012 年 9 月, 坝前水位在 145m (汛期) 至 175m (非汛期) 运行, 见表 1-4。由表可见, 坝前平均水位为 161.76m, 最高水位为 175.04m (2011 年 11 月 1 日), 最低水位为 144.84m (2009 年 8 月 3 日), 水位变幅为 30.20m; 三峡水库入库平均流量为 12 547 m<sup>3</sup>/s, 最大入库流量为 67 900 m<sup>3</sup>/s (2012 年 7 月 24 日), 最小入库流量为 3320m<sup>3</sup>/s (2010 年 2 月 17 日); 出库平均流量为 12 398 m<sup>3</sup>/s, 最大出库流量为 45 200 m<sup>3</sup>/s (2012 年 7 月 28 日), 最小出库流量为 5370 m<sup>3</sup>/s (2009 年 1 月 16 日)。

表 1-4 试验性运行期三峡水库运行特征值统计表

| 项目     | 入库/ (m <sup>3</sup> /s) | 出库/ (m <sup>3</sup> /s) | 坝前水位 (吴淞) /m      | 坝下水位 (吴淞) /m      |
|--------|-------------------------|-------------------------|-------------------|-------------------|
| 平均值    | 12 547                  | 12 398                  | 161.76            | 65.75             |
| 最大值    | 67 900                  | 45 200                  | 175.04            | 71.36             |
| (出现时间) | (2012 年 7 月 24 日)       | (2012 年 7 月 28 日)       | (2011 年 11 月 1 日) | (2012 年 7 月 30 日) |
| 最小值    | 3 320                   | 5 370                   | 144.84            | 63.96             |
| (出现时间) | (2010 年 2 月 17 日)       | (2009 年 1 月 16 日)       | (2009 年 8 月 3 日)  | (2011 年 12 月 9 日) |

2009 ~ 2012 年, 三峡水库根据运行条件的变化, 以及防洪、航运、供水等各方面对三峡水库调度提出的更高要求, 采取了提前蓄水、中小洪水调度、汛限水位上浮等优化调度措施, 得到了国家有关部门的批准。与初步设计的水库调度运行方式相比, 三峡水库试验性蓄水后执行的运用方式虽然使汛期水位有所抬高, 蓄水时间有所提前, 但仍基本遵循了“蓄清排浑”的运用方式。