



# 长江三峡工程 泥沙问题研究

---

2001—2005  
(第三卷)

---

三峡工程坝区泥沙问题研究

---

国务院三峡工程建设委员会办公室泥沙专家组  
中国长江三峡工程开发总公司三峡工程泥沙专家组

知识产权出版社

# 长江三峡工程泥沙问题研究 (2001—2005) 第三卷

## 三峡工程坝区泥沙问题研究

国务院三峡工程建设委员会办公室泥沙专家组 编  
中国长江三峡工程开发总公司三峡工程泥沙专家组

知识产权出版社

图书在版编目(CIP)数据

三峡工程坝区泥沙问题研究/国务院三峡工程建设委员会办公室沙专家组,中国长江三峡工程开发总公司三峡工程泥沙专家组编. —北京:知识产权出版社, 2008. 5

(长江三峡工程泥沙问题研究:2001—2005;3)

ISBN 978-7-80198-689-4

I. 三… II. ①中…②国… III. 三峡工程—水库泥沙—研究报告 IV. TV145 TV882.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 045338 号

长江三峡工程泥沙问题研究  
(2001—2005)  
第三卷

国务院三峡工程建设委员会办公室泥沙专家组  
中国长江三峡工程开发总公司三峡工程泥沙专家组 编

责任编辑/石红华 范昭

封面设计/赵景伟 段维东

出版发行/知识产权出版社(北京海淀区蓟门桥西土城路6号)

印刷/北京市兴怀印刷厂

开本/889毫米×1194毫米 1/16

印张/33.25

字数/995千字

版次/2008年9月第1版 2008年9月第1次印刷

印数/500套

书号/ISBN 978-7-80198-689-4/T·244

定价/900元/套(全套6卷)

### 三峡工程泥沙专家组

顾 问 林秉南 谢鉴衡  
组 长 张 仁  
副组长 戴定忠  
成 员 陈济生 韩其为 潘庆桑 荣天富 谭 颖 王桂仙 谢葆玲 邓景龙  
李昌华 唐存本 曹叔尤

### 三峡工程泥沙专家组秘书组

组 长 戴定忠(兼)  
副组长 谭 颖(兼) 胡春宏  
成 员 王桂仙(兼) 朱光裕 范 昭

### 三峡工程泥沙专家组联络员

曹文洪 卢金友 陈松生 周建红 窦希萍 陈 立 纪国强 潘育明 安凤玲  
韩 飞 李国斌 王永忠 胡向阳

## 出版说明

在“九五”(1996—2000)长江三峡工程泥沙问题研究计划完成后,国务院三峡工程建设委员会办公室(简称三峡建委办)和中国长江三峡工程开发总公司(简称三峡总公司)共同出版了《长江三峡工程泥沙问题研究》(1996—2000)1~8卷本(由知识产权出版社出版并出电子版)。2000年4月起三峡工程泥沙专家组及相关的科研工作由三峡建委办转归三峡总公司管理。在三峡总公司的领导和支持下,制订了“十五”(2001—2005)计划。其中坝下游限到杨家脑河段,距葛洲坝工程约90km。杨家脑以下河段未再列入本次计划(分工由水利部另行考虑)。

2001年1月三峡总公司以三峡技字[2001]12号文“关于长江三峡工程‘十五’期间(2001—2005)泥沙问题研究计划的复函”,原则同意该计划共设5个专题:

- 105-1 三峡水库上游来水来沙的变化及其影响研究;
- 105-2 三峡水库泥沙淤积研究;
- 105-3 三峡工程坝区泥沙问题研究;
- 105-4 三峡水库下游河道演变及对策研究;
- 105-5 课题研究成果综合分析。

此后,三峡总公司还专门委托进行了“2007年蓄水位方案泥沙专题研究”。各项研究的具体内容是在“九五”计划的基础上,紧密结合工程建设和运行的新进展和新需求来安排的。

“十五”计划的研究工作,在三峡总公司的支持下,经过各承担单位的共同努力,已经全面完成任务。各项成果经泥沙专家组评议后,由三峡总公司按合同要求进行了验收。为了与“九五”研究成果相衔接,“十五”的研究成果文集仍沿用原名,仅将年份更改,即为《长江三峡工程泥沙问题研究》(2001—2005)。上述每个专题编为一卷,共六卷:

- 第一卷 三峡水库上游来水来沙的变化及其影响研究;
- 第二卷 三峡水库泥沙淤积研究;
- 第三卷 三峡工程坝区泥沙问题研究;
- 第四卷 三峡水库下游河道演变及对策研究;
- 第五卷 2007年蓄水位方案泥沙专题研究;
- 第六卷 长江三峡工程“十五”泥沙研究综合分析。

本书第一至第五卷汇集的是各单位的研究成果。有个别文章持有不同观点,未强求一致,尊重作者的看法,但不代表泥沙专家组的意见或观点。第六卷综合分析报告是由专家组组织编写、经集体讨论写成的。全书编审工作在泥沙专家组顾问林秉南院士、谢鉴衡院士,组长张仁教授指导下进行。参加各卷编审工作的有戴定忠、陈济生、韩其为、潘庆荣、荣天富、谭颖、王桂仙、谢葆玲、邓景龙、唐存本、曹叔尤。承担主要编辑工作的有戴定忠、谭颖、潘庆荣、胡春宏、王桂仙、朱光裕、范昭。各有关单位及曹文洪、卢金友、陈松生、周建红、窦希萍、陈立、纪国强、潘育明、安凤玲等为“十五”计划的完成和本书的编辑出版做出了贡献,特此致谢。

限于水平,错误与遗漏在所难免,敬请批评指正。

编者  
2007年4月

# 目 录

坝区河段冲淤、河势变化及上下游引航道冲淤变化观测分析 .....	长江水利委员会水文局(1)
坝区及引航道泥沙数学模型验证与分析 .....	中国水利水电科学研究院(50)
三峡水库蓄水前船闸下引航道泥沙淤积观测分析 .....	长江水利委员会长江三峡水文水资源勘测局(71)
三峡水库 135~139m 蓄水过程坝区水沙变化分析 .....	长江水利委员会长江三峡水文水资源勘测局(77)
三峡坝区河段及船闸引航道冲淤观测分析 .....	长江水利委员会长江三峡水文水资源勘测局(90)
三峡工程坝区模型试验综合成果(施工三期)及与实测资料对比分析 .....	长江水利委员会长江科学院(112)
三峡工程上下游引航道冲淤变化及冲沙措施研究.....	南京水利科学研究院(135)
三峡工程上下游引航道冲淤变化及冲沙措施研究.....	长江水利委员会长江科学院(159)
三峡工程上游引航道冲淤变化及冲沙措施研究.....	清华大学水利水电工程系(187)
三峡水利枢纽电厂前泥沙淤积形态及过机泥沙分析总报告 .....	清华大学 南京水利科学研究院 长江科学院(206)
三峡水利枢纽电厂前泥沙淤积形态及过机泥沙分析.....	清华大学水利水电工程系(246)
三峡水利枢纽电厂前泥沙淤积形态及过机泥沙分析.....	南京水利科学研究院(262)
三峡水利枢纽电厂前泥沙淤积形态及过机泥沙试验研究.....	长江水利委员会长江科学院(275)
长江三峡水利枢纽坝址河床组成勘测研究.....	长江水利委员会荆江水文水资源勘测局(321)
三峡水利枢纽地下电站水流流态及改进措施试验研究.....	南京水利科学研究院(351)
三峡工程地下电站前清水定床流态试验研究.....	长江水利委员会长江科学院(365)
三峡工程地下电站泥沙淤积问题模型试验研究.....	长江水利委员会长江科学院(389)
控制边界层发展以减小三峡坝区回流尺度的基础性研究.....	清华大学水利水电工程系(445)
三峡坝区泥沙冲淤的三维数值模拟研究.....	南京水利科学研究院(468)

# 坝区河段冲淤、河势变化及上下游引航道 冲淤变化观测分析

长江水利委员会水文局

## 1 前言

三峡工程自1992年12月开始施工准备和1994年12月正式开工以来,主要经历了几个大的施工阶段:①1994~1997年11月为一期工程施工期,坝区河段受施工挖、填、抛、堆等影响变化频繁,坝区河势变化较大。②1997年11月~2002年11月为二期工程施工期,长江水流经导流明渠下泄。③2002年11月~2003年4月,长江水流经导流底孔下泄。④2003年4~6月10日为三峡水库135m蓄水期,先后经历了自然壅水期、蓄水准备期和蓄水期,库水位(坝前)上升至135m。⑤2003年6月以后,水库按135m运行,汛后库水位蓄至139m运行;2004年至今,三峡水库按135~139m运行(枯季139m,汛期135m),135~139m水库约有18亿 $m^3$ 调节库容。

坝区受工程施工及水库蓄水运用等影响,河势数度变化和调整,引起坝区水物流动及河床演变的系列变化。本课题主要研究以下几个方面:

(1) 坝区河段冲淤与河势变化。三峡水利枢纽围堰发电运用,库水位蓄至135m运用,上下落差达60m,改变了天然水泥沙条件及坝区河势。由于库水位抬升,库区水流速度减弱,比降减小,坝上游泥沙淤积,坝下游河床冲刷,河势变化必将对航道口门产生影响。主要目的有:①掌握蓄水过程坝区泥沙的冲淤变化情况;②掌握坝区水力因素(水面线、库面宽、水深、速度等)的变化情况;③分析河势变化情况;④了解坝区河床组成及其变化情况。

(2) 上下游引航道(包括口门区)冲淤变化的观测分析及防淤清淤措施研究。三峡水利枢纽永久船闸上下游引航道是长江航运连接库区与坝下游的生命线。由于库水位抬升,库区水流速度减弱,比降减小,上下游引航道及口门区因回流、缓流、斜流、异重流、往复流等复杂流态而产生淤积。2003年工程初期蓄水至135m运用,根据坝区水泥沙原型观测成果,分析航道口门流态、流速、含沙量等的变化,分析航道及口门区的泥沙淤积量及其形态,淤积物粒径等。对三峡水库的初期运用,航道泥沙的理论研究、模型试验与计算成果的验证,以及航道防淤清淤措施等方面均具有重要的意义。主要目的有:①掌握蓄水初期航道泥沙淤积情况;②掌握航道水力因素(如比降、航深、水位波动等)的变化情况;③分析口门区流态的变化情况;④了解航道淤沙组成及其变化情况。

(3) 电厂前泥沙淤积形态及过机泥沙的观测分析。过机泥沙是水轮机发生磨损的主要因素。由于库区水位抬升,库区水流速度减弱,比降减小,电厂前的淤积物及粒径大小,对水轮发电机组必然产生影响。2003年工程初期蓄水运用,根据坝区水泥沙原型观测成果,分析电厂前水流流态、横比降及流速等的变化,分析电厂前淤积量及其形态,淤积物粒径等,对三峡电厂的初期运用、过机泥沙粒径预估、模型试验与计算成果的验证等均具有重要的意义。主要目的有:①掌握蓄水初期电厂前泥沙淤积及形态、粒径的变化

报告编写人:牛兰花 李云中 金中武 方春明

编写日期:2005年6月

项目负责人:陈松生 周建红

主要参加人:刘天成 胡始鹏 于飞 郑亚慧 徐海涛 甘军 张玉琴 马秀琴 毛维新 鲁文 何明民 钟正琴

情况;②掌握电厂前水力泥沙因素(如横比降、流态、流速分布、含沙量分布等)的变化情况。

本子题(编号 105-3-01-(1))隶属“十五”长江三峡工程泥沙问题研究专题 3“三峡工程坝区泥沙问题研究”,子题负责单位为长江水利委员会水文局,参加单位为长江三峡水文水资源勘测局、长江科学院、中国水利水电科学研究院。本报告为子题研究的总结报告。

## 1.1 子题研究内容

### 1.1.1 坝区河段冲淤及河势变化分析

- (1) 三峡水库蓄水运用初期坝区水文泥沙特性
- (2) 三峡水库蓄水运用初期坝区冲淤变化
- (3) 三峡水库蓄水运用初期坝区河势变化

### 1.1.2 上、下游引航道(包括口门区)冲淤观测分析

- (1) 三峡水库蓄水运用初期航道水文泥沙特性
- (2) 三峡水库蓄水运用初期航道及口门区淤积情况
- (3) 三峡水库蓄水运用初期航道淤积形态及口门区流态变化
- (4) 下引航道口门区拦门沙淤积机理分析

### 1.1.3 左岸电站厂前泥沙淤积形态及过机泥沙观测分析

- (1) 三峡水库蓄水运用初期左岸电站厂前流态特性
- (2) 三峡水库蓄水运用初期左岸电站厂前淤积情况

### 1.1.4 原型观测调查、数学模型计算和物理模型试验对比验证分析

- (1) 坝区河势分析数学模型验证及分析
- (2) 坝区冲淤一、二维数学模型验证及分析
- (3) 引航道泥沙淤积数学模型验证分析
- (4) 坝区三个物理模型试验成果与原型观测成果的对比分析

## 1.2 子题承担单位及完成情况

本子题包括 5 个分子题:

- (1) 三峡水库 135~139m 蓄水过程坝区水文泥沙变化分析,由长江三峡水文水资源勘测局完成;
- (2) 蓄水前(1997~2002 年)下引航道泥沙淤积观测分析,由长江三峡水文水资源勘测局完成;
- (3) 坝区河段冲淤及河势变化分析,由长江三峡水文水资源勘测局完成;
- (4) 坝区物模试验验证报告,由长江科学院完成;
- (5) 坝区数模计算验证报告,由中国水利水电科学研究院完成;
- (6) 总报告由长江水利委员会水文局完成。

## 2 坝区概况

三峡水利枢纽坝区上起庙河下至莲沱,全长约 30km,河段弯曲多变,宽窄相间,见图 2-1。其中,工程施工区从伍相庙至鹰子咀长约 12km,面积 15.28 km<sup>2</sup>。

三峡水库坝前段(庙河—三峡大坝)为结晶岩低山丘陵宽谷段,两岸岸坡低缓,河道开阔,左岸有百步溪、太平溪;右岸有九畹溪支流入汇。目前河宽在 800~2400m 间。庙河至偏崖子为河谷较窄的微弯段,偏崖子至太平溪为河谷较宽阔的微弯段,太平溪至坝轴线为河谷较开阔的顺直段,坝前左岸为永久船闸上引航道,以长约 2.2km 全包防淤隔流堤(堤顶高程 150m)与大江分开。

三峡大坝坝下近坝河段河谷开阔、顺直,河宽在 600~1200m 之间,左岸从大坝至乐天溪,右岸从大坝至雷劈石大都为混凝土护岸,左岸在坝河口有重件码头、水厂等建筑物,右岸有白庙子水厂、杨家湾深水码



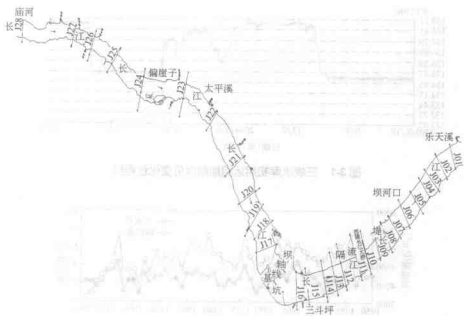


图 2-1 三峡坝区河势图

头。该河段右岸有支流茅坪溪和高家溪入汇,左岸有乐天溪、磨刀溪入汇,但这些支流水沙量均较小。

### 3 三峡水库蓄水运用初期坝区冲淤及河势变化分析

三峡工程自 1992 年 12 月开始施工准备和 1994 年 12 月正式开工以来,先后修建了隔流堤、引航道和一、二、三期围堰,形成了一、二、三期施工基坑,实现了大江、明渠导流和 135~139m 蓄水围堰挡水发电等,坝区经历了天然分叉河道—大江单—河道—大江截流期分叉河道—导流明渠单—河道—导流明渠期分叉河道—大坝导流底孔、深孔泄流的复杂变换时期。

#### 3.1 水文泥沙特性变化

长江三峡水利枢纽工程从 2003 年 4 月 9 日临时船闸封堵,6 月 1 日正式下闸蓄水,6 月 10 日 22 时坝前水位蓄至 135m,工程进入围堰蓄水通航发电运行期。2003 年汛后 11 月 5 日 20 时,坝前水位上升至 139m。2004 年,三峡水库按 135~139m 运用,即水库坝前水位按汛期 135m、枯季 139m 调度。

##### 3.1.1 水库蓄水及运行情况

2003~2004 年,三峡水库初期蓄水运用,坝前水位变化经历了 4 个大的阶段:①2003 年 6 月至 10 月,库水位基本稳定在 135m 左右;②从 2003 年 10 月 25 日开始到 11 月 5 日 20 时,为发挥三峡水利枢纽的综合效益,增加枯水时下游航运流量,三峡水库坝前水位逐步蓄至 139m,至 2004 年 5 月坝前水位基本稳定在 139m 左右,其间,从 3 月初开始坝前水位曾逐步下降 136.1m(3 月 23 日),之后,又逐步上升至 4 月 5 日的 138.5m,并稳定在 138~138.5m 之间,5 月 6 日后,坝前水位再次逐步下降,5 月 29 日 21 时坝前水位为 136.59m,6 月上旬水位逐渐抬高至 137.7m 左右;③2004 年 6 月 10 日后坝前水位逐步下降并稳定在 135m 左右,其间 9 月 8 日至 12 日,库水位曾短时段上升,最高上升至 136.43m;④2004 年 10 月 1 日开始,库水位再次逐步上升至 139m 运行,见图 3-1。

##### 3.1.2 坝区水沙特性分析

由于三峡坝区庙河、黄陵庙站观测系列短,与历年对比采用宜昌站资料,见表 3-1。水库蓄水后,坝区输沙量大幅度减少,见图 3-2。1991~2002 年宜昌站年均径流量和输沙量分别为 4290 亿  $m^3$  和 3.91 亿  $t$ ;

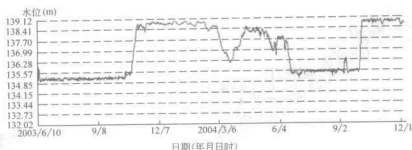


图 3-1 三峡水库初期运用坝前水位变化过程线

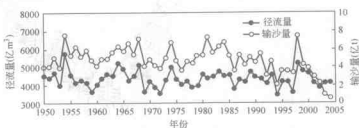


图 3-2 长江宜昌站年径流量、输沙量过程线图

与 1950~1990 年相比,输沙量减少 25%,径流量减少 2%。由于三峡水库蓄水拦沙作用影响,2003 年坝区黄陵庙站输沙量减少为 0.886 亿 t,2004 年为 0.636 亿 t,2005 年为 1.03 亿 t。

表 3-1 2003~2003 年坝区水沙变化对比

项目	时间	庙河	黄陵庙	宜昌
径流量 (亿 m <sup>3</sup> )	2003 年	—	4094	4097
	2004 年	4131	4126	4141
	2005 年	4583	4592	4594
	2003~2005 年平均	—	4271	4277
	1991~2002 年平均	—	—	4286
输沙量 (亿 t)	2003 年	—	0.886	0.976
	2004 年	0.636	0.637	0.640
	2005 年	1.220	1.030	1.100
	2003~2005 年平均	—	0.851	0.905
	1991~2002 年平均	—	—	3.92

## 3.2 坝区冲淤变化

### 3.2.1 水库坝前段

#### 3.2.1.1 冲淤量及分布

2003 年 2 月~2003 年 10 月,坝前段 135m 高程以下河床全面处于淤积状态,淤积量达到  $2979.70 \times 10^4 \text{ m}^3$ ;淤积主要表现在 90m 以下的河槽,淤积量为  $2199.68 \times 10^4 \text{ m}^3$ ,占总淤积量的 73.8%。淤积范围主要集中于坝前 0.8~9.1km 的区域内,该小区域内 135m 下河床淤积量为  $2653.50 \times 10^4 \text{ m}^3$ ,占整个区域河床淤积量的 92.7%;90m 下河槽淤积量为  $1970.13 \times 10^4 \text{ m}^3$ ,占整个区域河槽总淤积量的 94.1%,见表 3-2。

表 3-2 2003~2005 年三峡水库坝上庙河一大坝段淤积量

河段	S30+1~S31		S31~S33+1		S33+1~S37		S37~S40-1		S30+1~S40-1	
间距(km)	1.896		2.83		5.921		4.47		15.117	
年份	90	135	90	135	90	135	90	135	90	135
2003.3~2003.10	567	575	980	1380	492	760	167	248	2207	2963
2003.10~2004.4	-139	-626	-225	-585	-85	-95	136	212	-313	-1093
2004.4~2004.10	343	424	770	899	501	639	-67	-55	1546	1907
2004.10~2005.4	-68	-68	-173	-132	-136	-132	-19	-12	-395	-344
2005.4~2005.10	377	410	822	822	950	896	190	198	2339	2326
2005.10~2006.3	-123	-129	-272	-288	-206	-120	16	32	-585	-505
2003.3~2006.3	957	586	1902	2096	1516	1948	423	623	4799	5254

2004年3月~2004年10月,坝前坝段淤积,在135m以下河床达 $2621.33 \times 10^4 \text{m}^3$ ,90m以下河床淤积量达 $1777.72 \times 10^4 \text{m}^3$ 。从淤积量的分布看,淤积主要在坝前0.8~10.0km(S30+1~S37)区域,135m以下河床淤积量为 $2382.43 \times 10^4 \text{m}^3$ ,90m以下深槽淤积量为 $1583.84 \times 10^4 \text{m}^3$ ,以平淤主流深槽为主要特点。其中大坝1km~4.0km区域,深泓线高程平均达到41.7m左右,目前深泓较2004年4月份平均淤高15m左右。深泓淤高最大的是距大坝5.6km的S34断面,深泓高程从4月份的-15.00m变化到10月份的16.79m,淤高值达31.79m。

2005年4月~2005年10月,由于2005年汛期上游来水量较大,洪水过程持续时间较长,来沙量也较常年偏大,坝前河段135m高程以下河床淤积量达到 $2326 \times 10^4 \text{m}^3$ ,淤积部位主要在90m以下的河槽,淤积量为 $2339 \times 10^4 \text{m}^3$ ,淤积幅度较大的区域仍集中在坝前10km河段以内,仍以平淤深槽为主要特点。其中深泓淤高最大处为距大坝10.647km的S37号断面,高程从0.197m淤高到20.847m,淤高值达20.65m,该断面淤积增大的主要原因是蓄水前深泓高程较低,坝前的深泓以平淤为特点,因此断面深泓淤积较其他断面大。

在枯季,坝前水流速度很小,前期淤积泥沙自然沉降密实,使淤积泥沙缩减,其中2003年10月~2004年3月,135m河床缩减了 $995.07 \times 10^4 \text{m}^3$ 。2004年10月~2005年4月,135m下河床缩减了 $344 \times 10^4 \text{m}^3$ 。2005年10月~2006年3月,135m下河床缩减了 $505 \times 10^4 \text{m}^3$ 。

### 3.2.1.2 淤积形态变化

#### (1)纵向变化

2003年3月~2004年10月深泓的变化过程线反应了蓄水初期坝上近坝河段相应的冲淤变化过程。河段淤积沿程分布不均匀(见图3-3),淤积厚度与河宽有一定关系,峡谷段淤积的厚度明显小于开阔段。

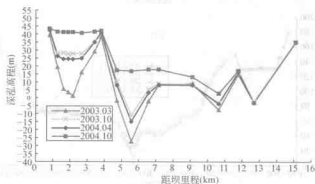


图 3-3 坝前河段深泓变化过程

近坝河段深泓高程趋向于两个高程平台,坝前1~4.0km河段深泓高程平均为41.60m,4.0~12.0km河段深泓高程平均为16.70m,12km以上河段深泓基本没有变化。

2003年3月~2004年10月,河段的淤积主要位于坝前段,愈向上游则淤积愈少。淤积厚度在0.01~44.09m之间。其中深泓淤积最大的是距大坝5.565km的S34号断面,高程从-27.30m淤高到现在的16.79m,淤深达44.09m。

## (2) 横向变化

随着水库蓄水运行,坝上近坝河段全面淤积,河床横向变化主要集中于深槽的平淤,而边滩变化较小。

淤积区域主要分布于坝前1.0~10.0km区域,大坝上游1km以内的区域淤积幅度不大(见图3-4)。

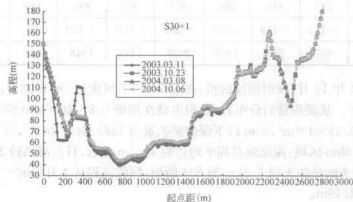


图 3-4 坝上 0.82km 断面变化形态

坝上1km以上的河段主流深槽的淤积幅度非常大(图3-5),其深槽的平淤非常明显。淤积幅度在0.1~44m之间。

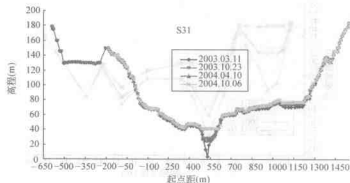
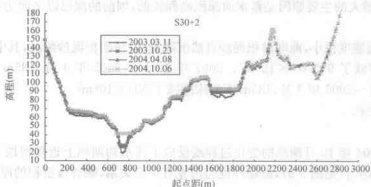


图 3-5 坝上 1km 以上河段主流深槽淤积幅度

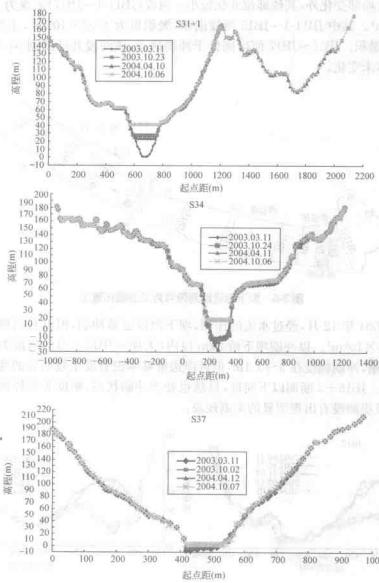


图 3-5 坝上游 1km 以上河段横断面变化形态

### 3.2.2 坝下近坝河段

#### 3.2.2.1 冲淤量及分布

2003 年 6 月 10 日三峡水库蓄水至 135m 以后,随着主汛期到来,上游入库流量增加,泄洪坝段底孔及深孔下泄流量随之加大。在下泄流量为 30000~40000m<sup>3</sup>/s 时,泄洪坝段下泄水流顶冲右岸茅坪溪出口至高家溪护岸段,在茅坪溪改道入汇口至三期下游土石围堰之间形成较强的回流并伴有强涌浪。

坝下近坝段(大坝至鹰子咀)长约 7km。2003 年布置了 7 个观测断面(JB11~JB17),2004 年增加了 5 个断面,即在 JB15~JB16 之间增加 JB15+1~JB15+5 断面。原 JB11 断面为半江断面,2004 年调整为全江断面,改编号为 JB11-1,河段断面布置见图 3-6。

2003 年 2 月~2003 年 11 月,该河段冲刷了 373.54×10<sup>4</sup>m<sup>3</sup>,主要冲刷部位为覃家沱至鸡公滩边滩(JB11~JB15)。1998 年后大坝下游左岸覃家沱区域形成江心潜洲,随后江心潜洲慢慢发展增高,最高滩面高程达 66.0m。2003 年水库蓄水后,水流经深孔泄流,江心潜洲被全部冲刷,目前原江心潜洲区域的最低高程为 27.1m。JB15~JB17 断面左岸和右岸边滩冲刷,深泓有冲有淤。

2004 年,坝下河段总体相对稳定。2003 年 11 月~2004 年 3 月,左岸覃家沱边坡及右岸高家溪边坡

因人工修筑护坡,除有局部变化外,其他部位变化较小。河段(JB11~JB17)表现为上淤下冲,以冲为主,共计冲刷  $35.2 \times 10^4 \text{m}^3$ 。其中 JB11~JB15 河段淤积,淤积量为  $49.2 \times 10^4 \text{m}^3$ ,主要由于左右岸修筑护坡边坡加固人为引起淤积。JB15~JB17 河段则处于冲刷状态,该河段共计冲刷  $84.4 \times 10^4 \text{m}^3$ ,河段以冲刷深槽为主,边坡基本未变化。



图 3-6 坝下游近坝河段河势及监测布置图

2004 年 3 月~2004 年 12 月,经过水流的作用,坝下河段虽然冲刷,但没有出现大冲大淤的现象,河段总的冲刷量为  $84.8 \times 10^4 \text{m}^3$ 。以冲刷坝下游 3km 以内(大坝~JB15+2)的河段为主,冲刷部位为河段的左侧边滩及主流深槽,冲刷幅度在 3~0.1m,但近岸边壁基本没有发生较明显的变化,另外覃家沱~鸡公滩边岸也基本稳定。JB15+2 断面以下河段,虽然也处于冲刷状态,幅度非常轻微,该河段近岸边壁没有大的变化,隔流堤及堤脚没有出现明显的淘刷现象。

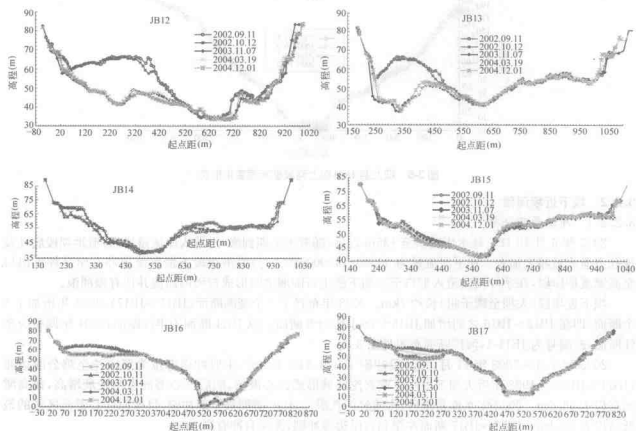


图 3-7 坝下近坝河段横断面变化图

### 3.2.2.2 断面形态变化

大坝坝下游河段蓄水运用一年,横断面变化较为明显(见图 3-7)。受大坝泄洪和左电厂发电尾水的影响,坝下覃家沱—鸡公滩一带边滩冲刷较严重,但 2004 年后,坝下河段相对处于稳定的状态中。从断面的变化形态看,坝下河段受冲刷的区域主要为左岸边滩,而深泓则变化较轻微。

## 3.3 蓄水运用初期坝区河势变化

三峡工程开工以来,坝区河势随工程施工进度发生了变化,河段水力要素亦作自动调整。

### 3.3.1 三峡工程施工前

(1) 施工前,三峡坝区河段岸线极不规则,河道弯曲、暗礁潜伏、水势凌乱。河道上下段较窄,坝址段较宽。在坝址弯道顶点右岸有中堡岛边滩,弯道顶点下游左岸有陈家坝及望家坝江心洲及边滩,这三个江心洲形成三个支汊,有一定的分流作用。河段除支汊与边滩外,沿河岸还有一些山咀、礁石的控制和挑流作用,存在泡激水、剪刀水、回流水等特殊流态。

(2) 葛洲坝水库蓄水运行后,坝前水位逐渐抬升到 66.0m 并稳定,整个河段较天然时期水面宽增大很多,特别是在小流量级下的水面宽增加非常明显。在流量为  $5000\text{m}^3/\text{s}$  时,水面宽在 635~1141m 之间,平均河宽 846m,比天然时期增大 101%;当流量为  $50000\text{m}^3/\text{s}$  时,水面宽在 657~1456m 之间,平均河宽 981m,比天然时期稍大。

(3) 葛洲坝蓄水后,水库沿程水位均有抬升,同流量下距坝愈近水位抬升越高,同一位置的水位随流量的增大抬升值呈现递减。在流量  $5000\sim 60000\text{m}^3/\text{s}$  之间时,水位变幅减至 6.21~9.61m,与天然时期相比分别减小 66%、75%,而天然时期水位年变幅达到 24.45~27.93m,蓄水后的水位变幅远小于天然时期,但上下水位较天然时期壅高 3.46~6.47m。

(4) 水面坡降普遍变缓,1992 年在流量为  $5000\text{m}^3/\text{s}$  时,坡降为 0.02‰;流量为  $60000\text{m}^3/\text{s}$  时,坡降为 2.31‰;在流量为  $5000\text{m}^3/\text{s}$ 、 $30000\text{m}^3/\text{s}$ 、 $60000\text{m}^3/\text{s}$  时坡降较天然时期分别减小 99%、74%、47%。可知小流量时坡降减小较多,大流量时反而减小较少。D0 为坝轴线断面的位置,在二期围堰后不存在。

(5) 与坡降变化相应,河段水流速度也作同步改变。葛洲坝水库蓄水期由于水面宽增大较多,同流量下流速下降较大,且小流量级流速下降值比大流量级流速下降值大。

三峡坝区不同时期总体河势变化,见图 3-8。

### 3.3.2 三峡一期工程施工期

(1) 工程进入一期围堰期后,坝区河势发生重大变化,主要的改变集中于坝址河段,对中堡岛支汊的封堵,在形成的围堰内进行导流明渠的开挖与施工,使中堡岛河段缩窄约 30%;在望家坝右侧修建隔流堤,在堤内修筑临时船闸及永久船闸引航道,使该河段水面缩窄约 38.3%。河道容积损失约  $1156 \times 10^4\text{m}^3$ 。这些变化使各级流量水流迹线趋于顺畅,主流居中且基本稳定。一期围堰形成的回流区位于围堰下游尾部,但回流强度不大。

(2) 在流量  $50000\text{m}^3/\text{s}$  时,1995 年 3 月水面宽变化范围在 551~1003m 之间,平均河宽 790m,而 1996 年 11 月河宽范围在 547~995m 之间变化,平均河宽 791m,河宽沿程更趋于均匀。其中急弯段以上河段(DS10—DX7)平均河宽约 800m,隔流堤河段(DX7—DX13)河段平均河宽约为 700m,隔流堤以下河段平均宽约 770m。与施工前相比,河宽改变主要在隔流堤段,平均河宽由原来的 1023m 缩窄到 703m。

(3) 河床的大幅缩窄,使河段的过水面积也相应减小。1995 年、1996 年在  $50000\text{m}^3/\text{s}$  流量级下的过水面积与施工前相比分别减小  $2024\text{m}^2$ 、 $2396\text{m}^2$ ,其中仅隔流堤段(DX7—DX13)1995 年平均过水面积减小  $2532\text{m}^2$ ,该段减少河床容积  $827 \times 10^4\text{m}^3$ 。大流量时,水面宽的大幅减小使得河段的水流速度相应地在增大。

(4) 由于河段过水面积的减小引起河段水位的全程壅高和坡降的加大,水位抬高值在 0.09m~0.49m 变动,特点是上下段抬升小,中段抬升大,原因是中段受施工的影响。比较 1992 年与 1995、1996 年比降的变化,同流量级下的比降在逐年增大。如流量在  $30000\text{m}^3/\text{s}$  时从 0.97‰ 分别增加到 1.06‰、

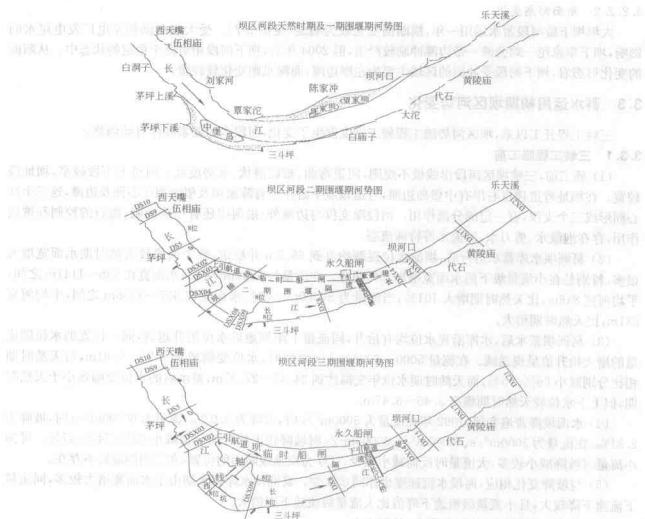


图 3-8 坝区河段不同时期河势图

1.08‰。从小河段坡降变化特点看,施工前比降大的河段施工后在减小,坡降小的河段施工后反而加大。其比降变化特点可说明坡降沿程差别减小,水流的均匀性增加。

(5) 三峡临时船闸下游引航道隔流堤工程布置在原河床左岸边滩缓流区顺直段内,没有改变原坝区河道主流流向。

### 3.3.3 三峡二期工程施工期

(1) 1997 年是一期围堰向二期围堰过渡的时期,河道变化主要是导流明渠过流通畅,大江围堰施工和大江截流进占及合龙,水流经过了大江单一河道—分汊河道—明渠单一河道的变化过程。大江截流后,二期围堰堵塞了大江,水流仅能从明渠一下泄,过水断面河宽进一步大幅缩窄,围堰段河宽由原来的 550~650m 缩窄到明渠河宽 360~400m,在同流量下,河段流速增大较多,主流流向发生巨大改变。

(2) 大江截流后,河势变化表现为:导流明渠进口段主流偏右下行进入明渠,沿程流速逐步增大;导流明渠段,水流在大坝轴线下游顶冲右岸,以下贴右出明渠。最大流速多出现在导流明渠的进口和出口处。导流明渠出口段水流从右岸逐步偏向左岸,同时流速逐步减小,并趋于均匀稳定,过草家沱(DX6)以后主流明显偏左岸下行,中泓流速也趋于均匀,过下游隔流堤后主流又逐步居中偏右下行,但左边靠近下引航道口门区的流线仍向左岸偏移,形成斜流、缓流和回流。该河段主要的顶冲点有二处,一是左岸隔流堤上的 DX11 上下 100m 范围,另一处是代石宾馆前的小凸咀。主要的回流区或缓流区有四处:一处是二期下围堰至草家沱(DX6),该处回流区域较大,长约 1000m,宽约 300~500m,回流速度大,为一强回流区;大流



量时,东岳庙前存在回流,代石至黄陵庙水尺也存在一回流区,回流区长约1000m,宽约300m,随着流量减小这两处回流区变为缓流区;下引航道的口门区为一缓流区。

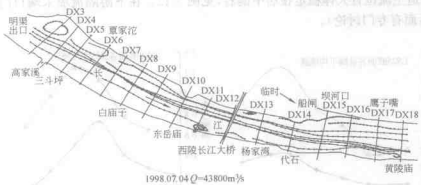


图 3-9 三峡二期工程施工工期坝下河势图

(3) 大江截流后,水位沿程均有不同程度的抬升。以1997、1998年为例,不同流量级下河段水面线均有抬升,且大流量级抬升更为明显,抬升部位主要在导流明渠及其以上河段,原因主要是二期围堰壅水所致。如1998年大洪水,流量50000~60000m³/s时坝址上导流DS10处抬升约2.47~2.76m。

(4) 二期围堰后,水面坡降均在加大,在流量60000m³/s时,整个河段坡降从1996年的1.08‰增大到2.10‰。

(5) 与坡降相适应,河段流速不同流量级下均有所增大,尤其是明渠河段流量60000m³/s时,最大流速近9m/s,导流明渠最大流速和流量有较好的关系。根据1998~2002年资料综合分析,其关系呈对数函数关系(见图3-10);其关系为: $V_{\max} = 3.6259 \ln Q - 30.833$  ( $10000 < Q < 60000 \text{ m}^3/\text{s}$ ),式中: $V_{\max}$ 为最大流速,m/s;Q为流量,m³/s。

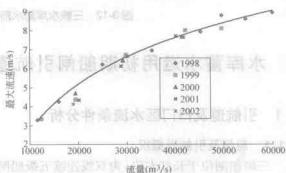


图 3-10 导流明渠最大流速与流量关系图

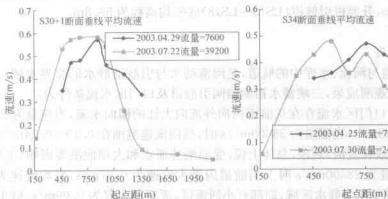


图 3-11 三峡水库蓄水前后坝前断面横向流速分布

### 3.3.4 三峡三期工程施工及135~139m水库运行期

2002年导流明渠截流后形成三期围堰时期,2003年4月封堵临时船闸,6月水库蓄水至135m,汛后又蓄至139m运行,坝区河势有一定调整,主要表现为水流受导流底孔、深孔和发电机组控制下泄。