

长江三峡工程 泥沙问题研究

2001—2005
(第四卷)

三峡水库下游河道演变及对策研究

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) 第四卷

三峡水库下游河道演变及对策研究

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

三峡水库下游河道演变及对策研究/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;4)

ISBN 978-7-80198-689-4

I. 三… II. ①中…②国… III. 长江—下游河
段—河道—演变—研究报告 IV. TV882.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 045337 号

长江三峡工程泥沙问题研究 (2001—2005) 第四卷

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

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/45.25

字 数/1360千字

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 潘庆燊 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、潘庆燊、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、潘庆燊、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

葛洲坝枢纽下游近坝段河道冲刷及对策研究	南京水利科学研究院 清华大学 交通部天津水运工程科学研究所 中国水利水电科学研究院 长江科学院 北京国沙科技咨询中心 长江委三峡水文水资源勘测局(1)
1998 年洪水前后三峡至葛洲坝(两坝间)及下游近坝段水沙及河床冲淤变化规律分析	长江水利委员会长江三峡水文水资源勘测局(21)
长江三峡工程上游大型水利工程对宜昌枯水流量影响的调查研究	北京国沙科技咨询中心 长江水利委员会水文局(46)
河床加糙或护底后水力特性的水槽试验	交通部天津水运工程科学研究所(59)
葛洲坝枢纽下游近坝段河道冲刷及对策研究	清华大学水利水电工程系(69)
葛洲坝枢纽下游近坝段河道冲刷及对策研究	南京水利科学研究院(119)
三峡水库运行初期两坝间冲淤计算	中国水利水电科学研究院(155)
考虑两坝间冲淤的宜昌至大通河段冲淤一维数模计算	长江水利委员会长江科学院(163)
江口镇上下浅滩演变与整治研究	长江航道局 武汉大学(169)
枝城至大埠街河段综合整治规划	长江水利委员会长江勘测规划设计研究院(227)
长江中游枝城至大埠街河段动床模型试验研究	长江航道规划设计研究院(240)
枝城至大埠街河段实体模型相似性论证报告	长江航道规划设计研究院(295)
三峡工程下游枝城至大埠街河段近期演变分析	长江航道规划设计研究院(329)
三峡建库后芦家河浅滩航道问题及整治方案试验研究	武汉大学水电学院 水资源与水电工程科学国家重点实验室(355)
芦家河浅滩河段整治工程模型试验研究	长江水利委员会长江科学院(379)
长江中游芦家河浅滩整治二维水沙数模计算分析	长江水利委员会长江科学院(413)
宜昌至大埠街河段一、二维嵌套数学模型验证报告	长江航道局 武汉大学(434)
宜昌至杨家脑河段综合治理措施研究	长江航道局 武汉大学(456)
宜昌至杨家脑河段河床演变分析	长江水利委员会水文局(470)
三峡建库后宜昌至杨家脑河段航道变化特性及重点控制河段分析	长江航道局(507)
三峡建库后宜昌至杨家脑河段防护措施选择的初步研究	武汉大学 长江航道局(516)
三峡建库后宜昌至杨家脑河段防护措施可行性及作用研究	长江航道局 武汉大学(533)
三峡建库后宜昌至杨家脑河段治理措施研究	长江水利委员会长江科学院(558)
三峡建库后宜昌至沙市河段数学模型计算报告	长江航道局 武汉大学(588)
重点河段局部护底工程模拟研究	长江航道局 武汉大学(627)
宜昌至枝城河段局部护底工程二维泥沙数学模型初步研究	南京水利科学研究院(639)
三峡水库蓄水前后三口分流分沙变化分析	长江水利委员会水文局(680)
水库下游河型转化影响因素的概化水槽实验研究及实测资料分析	武汉大学(686)

葛洲坝枢纽下游近坝段河道冲刷及对策研究*

南京水利科学研究院 清华大学 交通部天津水运工程科学研究所
中国水利水电科学研究院 长江科学院 北京国沙科技咨询中心
长江委三峡水文水资源勘测局

1 前言

葛洲坝水利枢纽运用以来,其下游河床冲刷下切、近坝段的沙石料开挖已引起宜昌枯水位比原设计水位 39m(吴淞基面)降低了 1.05m,船闸运用过程中在引航道内引起的往复波流,使枯水最小通航流量 $3200\text{m}^3/\text{s}$ 时三江下引航道水深不足 3.0m、三江二号和三号船闸下闸槛水深分别不足 3.5m 和 3.0m,已不能满足现状航深要求,更达不到设计水深的要求。

1998 年的长江大洪水,使葛洲坝枢纽至三峡工程坝址两坝间的淤积物大量冲刷出库,导致葛洲坝枢纽下游近坝段在汛期呈普遍性淤积。自 1997 年 12 月至 1998 年 9 月,三峡大坝至葛洲坝枢纽两坝间 38km 河段平均冲深 2.54m,葛洲坝库区黄陵庙水文站断面最大刷深达 40 余米。宜昌河段从坝下到虎牙滩全长约 21.6km,自 1997 年 8 月至 1998 年 9 月共计淤积 3240万m^3 ,河段平均淤厚为 1.85m。设计流量情况下,宜昌水位在 1999 年增加了 0.3m 左右。随后经过 1999~2001 年三个水文年后,2002 年宜昌水位又恢复到 1998 年初的水平。因此,两坝间及葛洲坝下游河段的冲淤过程对宜昌水位有因果关系。

2003 年 6 月 10 日,三峡大坝坝前水位从 69.4m 抬升到 135.0m(吴淞基面),大坝上下游落差达到 69m,6 月 16 日双线五级船闸通航,7 月 10 日首台机组发电,11 月库水位又抬升至 139m(吴淞基面)。随着这一系列工程进程的实现,使枢纽下游河段的水流泥沙条件发生改变。2004 年三峡水库按 135~139m 运行,9 月经历了 $60000\text{m}^3/\text{s}$ 流量的洪峰过程(表 1-1),对水库、坝区、两坝间、葛洲坝枢纽下游产生了一定的影响。

表 1-1 三峡坝址来水来沙特征值

时间(年)	流量(m^3/s)		径流量 (10^8m^3)	悬移质 输沙量(10^8t)
	平均	最大		
蓄水前平均	13500	47600	4261	4.6
2003	13000	48300	2820	0.886
2004	13200	61000	4140	0.635

注:蓄水前指三峡工程施工期的 1993 年至 2002 年。

2004 年是三峡工程蓄水发电后两坝间河段经历的一个完整的且较为典型的水文年,主汛期流域上游来水来沙较常年偏小,而至 9 月份后流域却出现了历史上少有的、洪峰流量达 $61000\text{m}^3/\text{s}$ 的秋汛洪水过程,

报告编写人:陆永军 邵学军

编写日期:2006 年 1 月

项目负责人:陆永军 邵学军

主要参加人:陆永军 邵学军 王桂仙 赵连白 陈稚聪 朱光裕 董耀华 范昭 方春明 高亚军 周建红 徐成伟 黄悦 李云中 张秀芹 李国斌 汪劲松 丁翔 王远航 左利钦 靳宝华 季荣耀 王志力

*注:文中除特别注明外,均为 1985 年国家高程基准。

这种特殊的水文年份以及大坝对上游泥沙的拦蓄作用必然会使坝下游河段的水流泥沙条件发生改变,从而引起三峡大坝至葛洲坝枢纽河段(又称两坝间)河床发生相应变化。

三峡水库运用初期,坝下游河道水流挟沙能力远大于含沙量,水流就要从河床中补充泥沙。冲刷首先发生在三峡—葛洲坝枢纽的两坝间河段,两坝间的泥沙进入葛洲坝枢纽下游河段,将会对坝下游河段的河床演变、水位及通航条件产生一定影响。

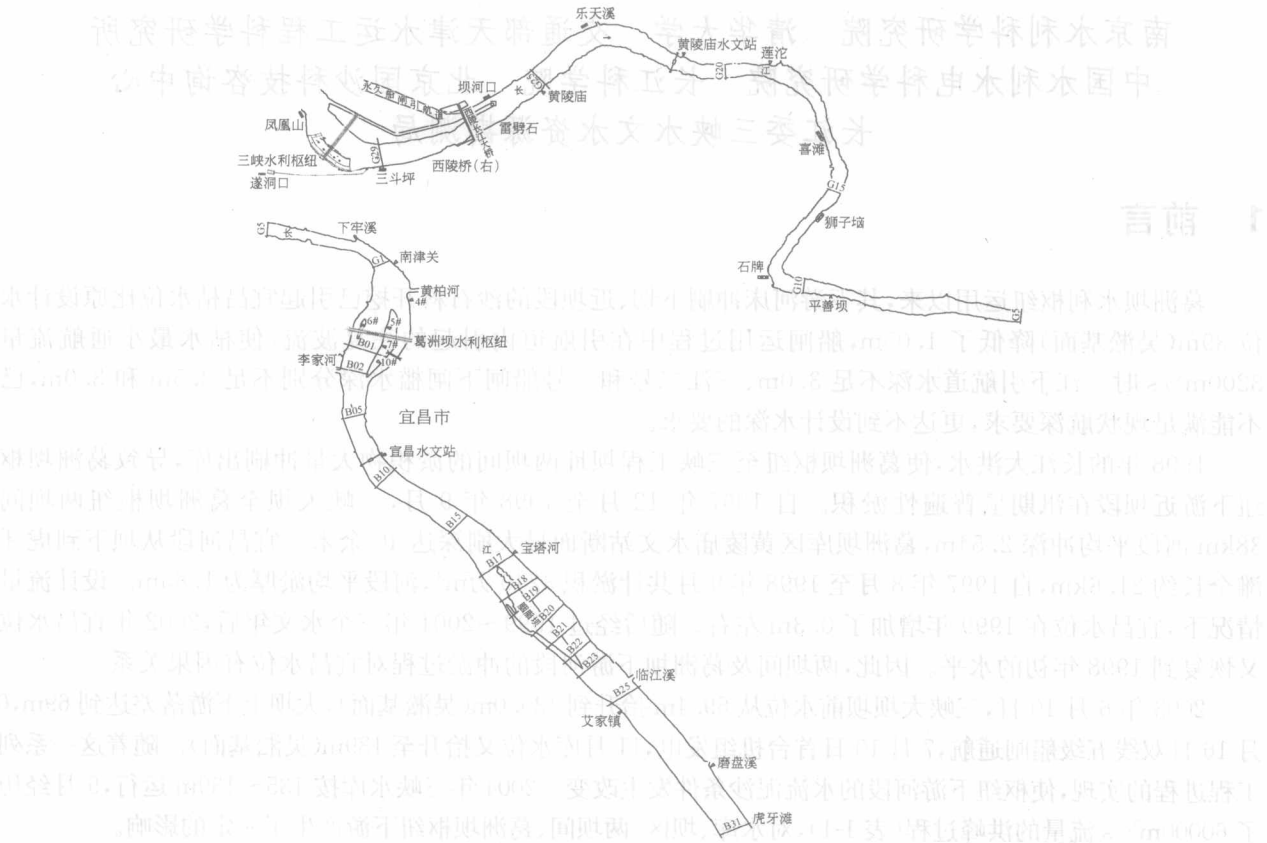


图 1-1(a) 研究河段(两坝间及葛洲坝枢纽至虎牙滩河段)示意图

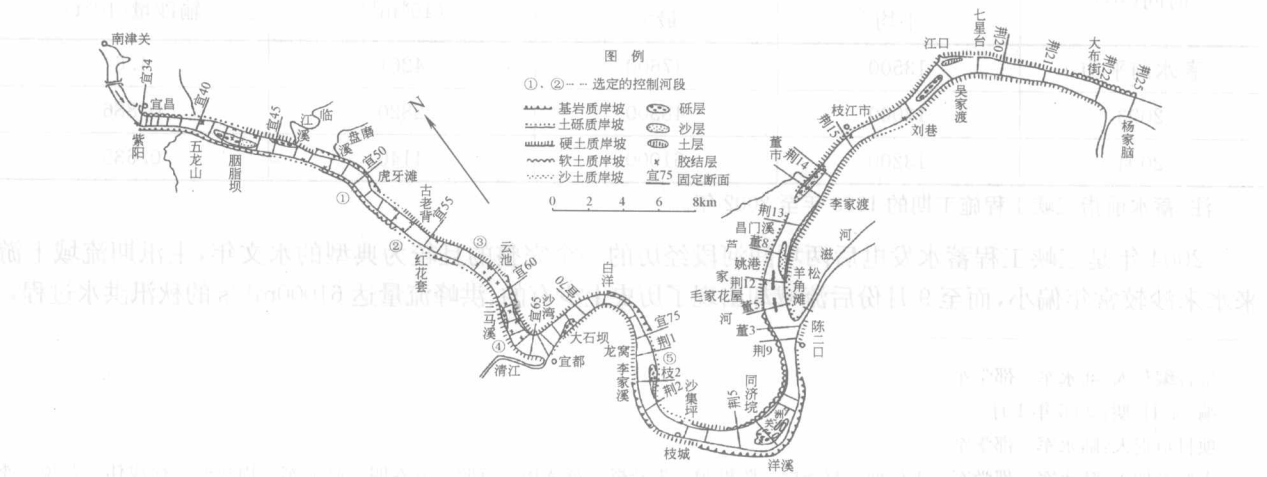


图 1-1(b) 研究河段(包括宜昌至枝城河段)示意图

正确地认识这一问题对于掌握葛洲坝枢纽下游水位变化对通航的影响及确定如何在近坝段采取工程措施、工程措施采用何种形式有极大的帮助。另外,下游芦家河河段不同的航道整治工程方案引起的水位变化是否对宜昌水位产生影响以及影响程度如何,也有必要进行研究,以确定未来可能采取的工程措施对葛洲坝枢纽下游近坝段所产生的整体影响。

本项研究的范围分为上下两段,上段为三峡枢纽至葛洲坝枢纽两坝间,长约 38km,下段为葛洲坝枢纽至枝城河段,长约 63km(图 1-1)。

2 水文、泥沙原型观测资料分析

2.1 1998 年洪水前后两坝间及近坝段

1980~1988 年两坝间处于累积性的淤积状态,总淤积量达 $8389.7 \times 10^4 \text{ m}^3$,此后河段达到冲淤平衡,但总的趋势仍为淤积。到 1995 年底河段达到累积淤积量最大值 $11861.0 \times 10^4 \text{ m}^3$,1998 年的大洪水冲刷出库 $4601.9 \times 10^4 \text{ m}^3$,河段经过调整,到 2002 年底累积淤积总量为 $8387.4 \times 10^4 \text{ m}^3$ 。

葛洲坝枢纽下游近坝河段的河床下切主要由推移质冲刷和建筑骨料开采引起。1972~1980 年 6 月,骨料开采量大于冲刷量,是河床下切的主要原因;1980 年 6 月~1986 年 11 月,近坝河段冲刷量大于骨料开采量,达 $2240.0 \times 10^4 \text{ m}^3$,使河床平均下切达 1.18m,该时期骨料开采加剧了河床的下降;1986 年后河段内骨料开采量很少,1987 年后基本停止开采,推移质输移量趋于稳定,葛洲坝水库常年回水区近坝段也已淤积平衡,有推移质过坝出库,坝下河段出现冲淤交替形势,1986 年 11 月~1994 年 11 月总计冲刷 $959.8 \times 10^4 \text{ m}^3$;1994 年 11 月~2002 年 9 月总累积淤积量达 $776.5 \times 10^4 \text{ m}^3$ 。其中 1993、1994、1998、1999、2000 年出现大冲大淤的情况,冲淤幅度达到 $2000 \sim 3000 \times 10^4 \text{ m}^3$ 以上,说明宜昌河段在葛洲坝水库淤积平衡后,受水库冲淤的影响,仍可能出现大淤大冲。

从河段冲淤表现的情况看,坝上、坝下年际间的冲淤状态基本是相反的,即坝上冲刷则坝下淤积,坝上淤积则坝下冲刷,只是冲淤量有一定的差别。1980~2002 年,两坝间(G0~G30)累积淤积量为 $8387.4 \times 10^4 \text{ m}^3$,而坝下游河段则累计冲刷 $2423.3 \times 10^4 \text{ m}^3$ 。

宜昌河段枯水位在三峡水库蓄水前的施工阶段已有下降趋势,1973 年初至 1980 年初宜昌站水位下降 0.25m(流量 $4000 \text{ m}^3/\text{s}$,下同)。以 1980 年初为参证,到 1997 年初,李家河累计下降 0.85m,宜昌站下降 0.85m,宝塔河下降 0.90m,磨盘溪下降 0.77m。流量 $3200 \text{ m}^3/\text{s}$ 时,从 1973 年初到 1998 年初宜昌站水位下降 0.90m。

1998 年洪水,两坝间的出库泥沙引起近坝河段的大量淤积,其量达 $3200 \times 10^4 \text{ m}^3$,1999 年初与 1998 年初比较,宜昌水位上升了 0.54m(流量 $4000 \text{ m}^3/\text{s}$)。1999 年后,各年观测表明,枯水位又出现新的下降过程。

2002 年初宜昌枯水位(流量 $4000 \text{ m}^3/\text{s}$)与 1998 年初持平,说明 1998 年大洪水对宜昌枯水位的影响基本消失。2003 年初,宜昌水位在 2002 年基础上又下降了 0.08m($4000 \text{ m}^3/\text{s}$)和 0.2m($3200 \text{ m}^3/\text{s}$),致使宜昌站枯水位累计下降值达到最大 1.24 m 和 1.1m。下降的主要原因是胭脂坝以下河段近几年出现持续冲刷,从 2000 年 9 月至 2002 年 9 月,该河段共计冲刷 $1615.9 \times 10^4 \text{ m}^3$,其中 2001 年 12 月至 2002 年 9 月冲刷了 $351.2 \times 10^4 \text{ m}^3$ 。

宜昌低水位属长河槽控制,若磨盘溪水位不变,近坝河段冲刷,对宜昌水位下降的幅度影响不大。但近坝河段淤积对宜昌水位抬升影响很大。目前,两坝间淤积泥沙约 0.80 亿 m^3 ,而三峡水库以 135m 水位运行,已具有一定的调节库容,若能合理调水调沙,使葛洲坝枢纽下游近坝段产生一些淤积或增加枯水期流量,将会对抬升和稳定宜昌枯水位起到一定作用。

2.2 2003 年蓄水前后两坝间及近坝段

2.2.1 两坝间冲淤变化

(1) 冲淤量变化。2002 年 12 月~2003 年 11 月,葛洲坝枢纽至乐天溪河段 72m 高程以下河床冲刷总量为 $829.7 \times 10^4 \text{m}^3$,53m 高程以下主槽冲刷总量为 $789.2 \times 10^4 \text{m}^3$,可见 2003 年河段冲淤变化主要表现为主槽的冲刷,主槽冲刷量占总冲刷量的 95.1%,见表 2-1。

2003 年 11 月~2004 年 11 月,三峡水库蓄水后出现了第一次 $60000 \text{m}^3/\text{s}$ 流量的洪水过程,两坝间冲刷了 $1092.0 \times 10^4 \text{m}^3$,冲刷仍然表现为冲槽,其冲刷量占河段总冲刷量的 90.3%,见表 2-1。

表 2-1 两坝间河段冲淤量变化表

年份	河段	G0~G1	G1~G11	G11~G19	G19~G30	G0~G30
	间距	2120(m)	12010(m)	8310(m)	14840(m)	38220(m)
		淤积量(10^4m^3)	淤积量(10^4m^3)	淤积量(10^4m^3)	淤积量(10^4m^3)	淤积量(10^4m^3)
1980~1993	全	422.3	2567.0	667.8	5668.7	9325.8
1994~1996	全	83.1	755.1	214.8	1431.8	2484.8
1997~2002	全	-334.0	-1777.6	-385.4	-926.2	-3423.2
1980~2002	全	171.4	1544.5	497.2	6174.3	8387.4
2003	滩	-36.5	17.9	-10.0	-1.9	-40.5
	槽	-10.4	-423.7	-56.8	-298.3	-789.2
	全	-46.9	-405.8	-76.8	-300.2	-829.7
2004	滩	-21.5	-82.7	48.6	-50.5	-106.1
	槽	-114.0	-431.8	-300.1	-140.0	-985.9
	全	-135.5	-514.5	-251.5	-190.5	-1092.0

(2) 深泓线变化。葛洲坝枢纽至三峡大坝河床深泓的变化以冲为主,与河段冲淤是一致的,即冲刷较多的河段,深泓也冲深较多,淤积的河段深泓线也淤积。其中深泓淤积厚度最大的为 G5 号断面,较 2002 年 12 月淤高 7.6m,深泓冲深最大的断面为 G21 号断面,较 2002 年 12 月冲深达 14.6m。

(3) 典型断面变化。本河段以冲刷为主,宽谷段和狭谷段的变化略有不同,宽谷段均出现冲刷,并且以主槽冲刷为主,边坡相对稳定。而峡谷段则有冲有淤,无论冲或淤的数量都相对较小,一般沿湿周冲淤,但主槽的冲淤所占的比重稍大。

2.2.2 葛洲坝枢纽下游近坝河段冲淤变化

(1) 冲淤量及分布。2003 年本河段出现较大幅度冲刷,冲刷量在不同水面线下有不同的量值,但差别不大。按流量 $10000 \text{m}^3/\text{s}$ 时的水面线计算的总冲刷量最大,为 $1098.9 \times 10^4 \text{m}^3$ 。

从沿程来看,冲淤量分布情况大致是:近坝 2km 和磨盘溪附近 2km 范围内出现少量淤积,中间段则出现了连续冲刷,主要冲刷河段是庙咀至胭脂坝坝尾。流量 $10000 \text{m}^3/\text{s}$ 水面线下,庙咀至胭脂坝坝尾河道总冲刷量为 $998.7 \times 10^4 \text{m}^3$,占整个河段总量的 90.9%。胭脂坝段又是冲刷最剧烈的地段,总冲刷量达 $599.0 \times 10^4 \text{m}^3$,占整个河段总量的 54.5%,冲刷强度为 $127.7 \times 10^4 \text{m}^3/\text{km}$,为其他河段的 2 倍以上。

(2) 深泓变化。2003 年是三峡工程蓄水运行第一年,清水下泄使河床进一步冲刷,与 2002 年相比从庙咀至艾家镇深泓线普遍刷深,胭脂坝段是主要的冲刷段,从胭脂坝坝头至坝尾段深泓均冲深 3m 以上,胭脂坝上下游河段深泓高程变化不大。2004 年与 2003 年比较,胭脂坝以上以淤为主,胭脂坝以下以冲为主,冲淤变化幅度都不大。

(3) 横断面变化。葛洲坝枢纽下游近坝河段断面有三种形态,弯道段断面形态呈“V”字形,顺直河段

一般呈“U”字形,分汊河段一般呈“W”字形。各形断面冲淤变化主要出现在河床主槽和边滩的中低水部位,高水淹没部分变化相对较小。

3 三峡水库上游水利工程对宜昌枯水流量调节作用的调查研究

3.1 三峡水库上游水利工程分布及其规模概况

近年来,长江上游流域内修建了大量的水利工程。统计库容大于1.0亿 m^3 以上的大型水库,见表3-1。可见,其中大部分水库的调节库容为1亿~4亿 m^3 左右,对河道流量的调节能力非常有限。另有一些水库为围水灌溉水库,主要是向灌区供水,不能用于河道的水量调节。因此,现主要考虑用于发电且调节库容较大的水库:乌江渡、宝珠寺和二滩。

表 3-1 三峡水库上游大型水库统计表

流 域	河 名	水库名称	主要用途	总库容 (亿 m^3)	调节库容 (亿 m^3)	建成时间(年)
金沙江	金沙江	一级毛家村	发电	5.53	4.72	1971
	雅砻江	二滩	发电	58.0	33.7	1998
	大渡河	龚嘴	发电	3.57	1.55	1971
岷江	大渡河	铜街子	发电	2.45	2.0	1986
	岷江河	黑龙滩	灌溉	3.6	2.96	1971
沱江	降溪河	三岔	灌溉	2.25	2.03	1978
嘉陵江	白龙江	碧口	发电	5.21	2.21	1976
	白龙江	宝珠寺	发电	25.5	13.4	1998
	绿豆河	鲁班	围水	2.90	2.10	1980
	西河	升钟	灌溉	13.39	6.27	1983
乌江	乌江	乌江渡	发电	23	13.5	1982
	猫跳河	红枫	发电	6.42	4.42	1960
	猫跳河	白花	发电	1.91	0.83	1966
支流	大洪河	大洪河	发电	3.68	1.72	1960
	龙溪河	狮子滩	发电	10.27	7.48	1956

3.2 三峡水库上游大型水利工程的调节作用

二滩水库兴建后,其调节库容的运用,能增大下游枯季河道流量。由于枯季河道流量沿程损失小,其对宜昌站枯季流量的增加应大约等于二滩水库的调蓄量,最枯1~3月平均约可增大流量202 m^3/s 。

乌江渡运行至今已有20多年,其发挥作用的历史亦有20多年,已体现在近20多年的宜昌站枯季流量中。乌江渡1984~2000年入出库月平均流量统计表明,自水库正常运行始至2000年,枯季各月多年平均出库流量比入库流量均大:1月大73 m^3/s ,2月大45 m^3/s ,3月大72 m^3/s ,1~3月平均调节流量达63 m^3/s 。

宝珠寺水电站工程于1989年10月开工,1996年10月导流底孔下闸,水库开始蓄水。1998年6月最后一台机组投入运行。据1998年的资料,其1~3月的月均出库流量比入库流量约大15~34 m^3/s 。

三峡工程以上二滩、乌江渡、宝珠寺等大型水库兴建后,均起用了水库的调节库容,将汛期的部分水量

蓄至枯水期使用,均化了径流在年内的分配。据初步统计,二滩和乌江渡水库的调节可增加的枯水流量值如表 3-2。

表 3-2 二滩、乌江渡各月调蓄流量 单位: m^3/s

水库	1 月	2 月	3 月	1~3 月平均
二滩	182	224	199	202
乌江渡	73	45	72	63

二滩水库的调节库容较大,相对水库的入库流量,1~3 月平均出库流量能增大流量 $200\text{m}^3/\text{s}$ 左右;乌江渡 1~3 月平均流量约能增加 $63\text{m}^3/\text{s}$;宝珠寺增加的流量较小。综合二滩、乌江渡和宝珠寺水库的调节作用分析,三库在 1~3 月合计约能增加流量 $250\sim 300\text{m}^3/\text{s}$ 左右。

20 世纪 80 年代后,宜昌站枯季各月平均流量过程线确呈上升趋势,而水位过程线图上并没有出现水位的抬升。这主要是由于葛洲坝枢纽兴建导致的坝下游河床下切影响较大所致。如枯季水量保持天然态势,无上游水库的调节,则水位可能会下降更多。

4 1998 年大洪水前后两坝间及近坝段泥沙冲淤验证

4.1 两坝间河段

自三峡工程施工以来,两坝间河段首次出现冲刷是在 1997 年,虽然 1997 年来水量偏枯,但最大洪峰流量达到 $49400\text{m}^3/\text{s}$,是 1994 年以来的最大流量,而且持续时间较长,加上前期淤积较多,出现了较大冲刷。1998 年两坝间出现历史罕见的大冲刷,两坝间河段总冲刷量为 4601.9万 m^3 ,1998 年 6~9 月大于 $50000\text{m}^3/\text{s}$ 的洪峰就出现 8 次之多。年径流量为 5233 亿 m^3 ,比正常年份大 37%。丰富的水量为两坝间的冲刷创造了条件。

4.1.1 一维泥沙模型的冲淤验证

一维泥沙模型采用 1998 年计算河段内的冲淤量对模型进行率定,采用 1999 年的冲淤量进行验证。首先选用两坝间黄陵庙水文站至南津关河段(24.5km)1997 年 11 月到 1998 年 11 月实测资料对模型进行了率定。率定计算共取 37 个断面,平均每间隔 700m 划分一个断面。以 1997 年底实测地形作为起始地形;计算时段内黄陵庙水文站逐日平均流量作为上游边界条件;同期南津关逐日平均水位作为下游边界条件。冲淤量计算值与实测值的比较见表 4-1,偏差最大的河段为 G19~黄陵庙水文站,偏差约为 34%;而整个河段的偏差为 0.45%。

表 4-1 1998 年冲淤量计算值与实测值的比较

起止断面	G1~G11	G11~G19	G19~黄陵庙水文站	合计
间距(km)	12.04	8.34	4.16	24.54
实测值(10^4m^3)	-2023.9	-402.3	-770.1	-3196.3
计算值(10^4m^3)	-2274.9	-425.8	-509.9	-3210.6
偏差(%)	+12.4	+5.8	-33.8	+0.45

注:表中“-”表示冲,“+”表示淤。

另外还选用了两坝间黄陵庙水文站至南津关河段(24.5km)1998 年 12 月到 1999 年 11 月实测资料对模型进行了验证。验证计算初始地形选用与率定计算相同的 1997 年底地形断面资料;计算时段为 1997 年 12 月到 1999 年 11 月。其中第一年计算结果已用于率定,而 1998 年 12 月到 1999 年 11 月期间的计算结果用作验证。计算时段内黄陵庙水文站逐日平均流量作为上游边界条件;同时期的南津关逐日平均水位作为下游边界条件。冲淤量计算值与实测值进行比较见表 4-2。偏差最大的河段为 G1~G11,局部偏差约为 20.9%,整个河段的偏差为 13.5%。虽然局部偏差较大,但定性正确,偏差的绝对数值并不大。

表 4.2 1999 年冲淤量计算与实测的比较

起止断面	G1~G11	G11~G19	G19~黄陵庙水文站	合计
间距(km)	12.04	8.34	4.16	24.54
实测值(10^4m^3)	-25.50	269.30	132.30	376.10
计算值(10^4m^3)	-78.83	362.46	143.23	462.86
偏差(%)	209.13	34.59	8.26	13.50

注:表中“-”表示冲,“+”表示淤。

4.1.2 二维泥沙模型的冲淤验证

二维动床验证计算时段从 1996 年 11 月到 1998 年 11 月,每天划分一个流量级,以 1996 年 11 月地形为起始地形。表 4-3 给出了 1996 年底至 1998 年底两坝间河床冲刷计算值与实测值的比较,图 4-1、图 4-2、图 4-3 分别给出了各分段冲淤部位计算值与实测值的比较。可见,莲沱至南津关约 20.5km 河段计算的冲刷量为 $2029.3 \times 10^4 \text{m}^3$,实测值为 $2273.5 \times 10^4 \text{m}^3$,二者比较接近,冲刷部位也吻合较好(图 4-1、4-2、4-3)。

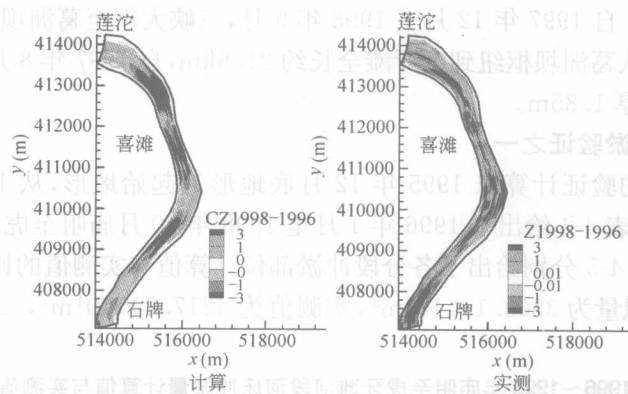


图 4-1 1996.11~1998.11 莲沱至石碑河段河床冲淤计算值与实测值的比较

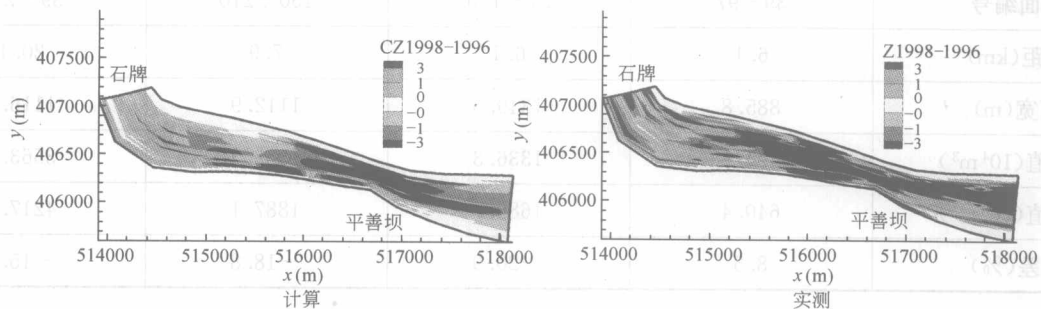


图 4-2 1996.11~1998.11 石碑至平善坝河段河床冲淤计算值与实测值的比较

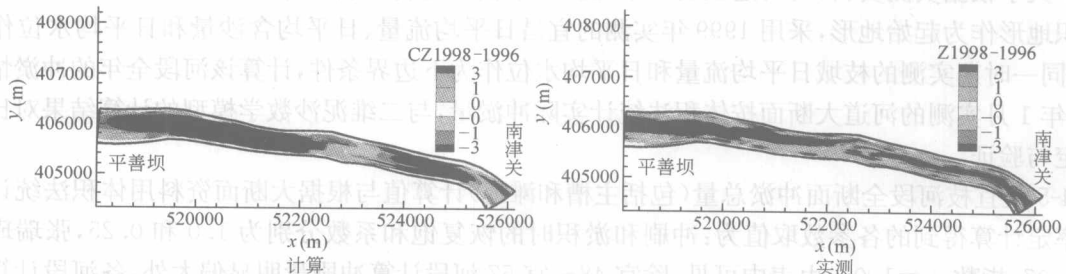


图 4-3 1996.11~1998.11 平善坝至南津关河段河床冲淤计算值与实测值的比较

表 4-3 1996~1998 年底两坝间河床冲淤量计算值与实测值的比较

河段	黄陵庙— 莲沱	莲沱— 石牌	石牌— 平善坝	平善坝— 南津关	莲沱— 南津关
间距(km)	5.7	7.6	4.8	8.1	20.5
河宽(m)	664.9	488.4	475.4	519.5	494.4
计算值(10^4m^3)	-221.6	-140.2	-456.9	-1432.2	-2029.3
实测值(10^4m^3)		-128.2	-547.9	-1597.4	-2273.5
计算—实测(10^4m^3)		-12.0	91.0	165.2	244.2
偏差(%)		9.4	-16.6	-10.3	-10.7

4.2 葛洲坝枢纽下游近坝段

1998 年长江大洪水,使三峡大坝至葛洲坝枢纽两坝间的淤积物大量冲刷出库,导致葛洲坝下游近坝段在汛期呈普遍性的淤积。自 1997 年 12 月至 1998 年 9 月,三峡大坝至葛洲坝枢纽两坝间 38km 河段平均冲深 2.54m。宜昌河段从葛洲坝枢纽到虎牙滩全长约 21.6km,自 1997 年 8 月至 1998 年 9 月共计淤积 $3240 \times 10^4\text{m}^3$,河段平均淤厚 1.85m。

4.2.1 二维泥沙模型的冲淤验证之一

南京水利科学研究所的验证计算以 1995 年 12 月底地形为起始地形,从 1996 年 1 月到 1998 年 10 月,每天划分一个流量级。表 4-4 给出了 1996 年 1 月至 1998 年 10 月庙咀至虎牙滩河段河床淤积计算值与实测值的比较,图 4-4、图 4-5 分别给出了各分段冲淤部位计算值与实测值的比较。可见,庙咀至虎牙滩约 20.1km 河段计算的淤积量为 $3563.1 \times 10^4\text{m}^3$,实测值为 $4217.2 \times 10^4\text{m}^3$,二者比较接近,淤积部位也吻合较好(图 4-4、图 4-5)。

表 4-4 1996~1998 年庙咀至虎牙滩河段河床冲淤量计算值与实测值的比较

河 段	庙咀—宝塔河	宝塔河—艾家镇	艾家镇—虎牙滩	庙咀—虎牙滩
断面编号	39—97	97—150	150—210	39—210
间距(km)	6.1	6.1	7.9	20.1
河宽(m)	885.8	1349.5	1112.9	1116.1
计算值(10^4m^3)	694.6	1336.3	1532.2	3563.1
实测值(10^4m^3)	640.4	1689.7	1887.1	4217.2
偏差(%)	8.5	-20.9	-18.8	-15.5

4.2.2 二维泥沙模型的冲淤验证之二

清华大学根据实测资料,对所建立的二维泥沙数学模型进行了初步率定。他们采用 1998 年 10 月的汛后淤积地形作为起始地形,采用 1999 年实测的宜昌日平均流量、日平均含沙量和日平均水位作为上边界条件,同一时期实测的枝城日平均流量和日平均水位作为下边界条件,计算该河段全年的冲淤情况。结合 2000 年 1 月实测的河道大断面按体积法统计实际冲淤量,与二维泥沙数学模型的计算结果对比进行模型的率定与验证。

表 4-5 是宜枝河段全断面冲淤总量(包括主槽和滩地)计算值与根据大断面资料用体积法统计结果的对比。率定计算得到的各参数取值为:冲刷和淤积时的恢复饱和系数分别为 1.0 和 0.25,张瑞瑾公式系数 $K=0.07$,指数 $m=1.0$ 。由表中可见,除宜 48~宜 57 河段计算冲刷量明显偏大外,各河段计算值均比较接近实测值。

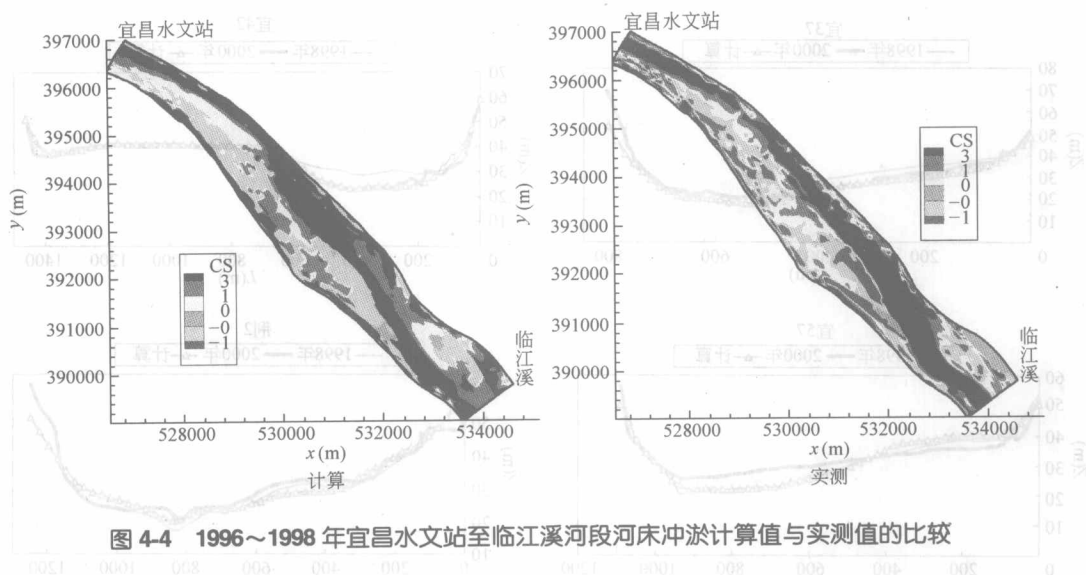


图 4-4 1996~1998 年宜昌水文站至临江溪河段河床冲淤计算值与实测值的比较

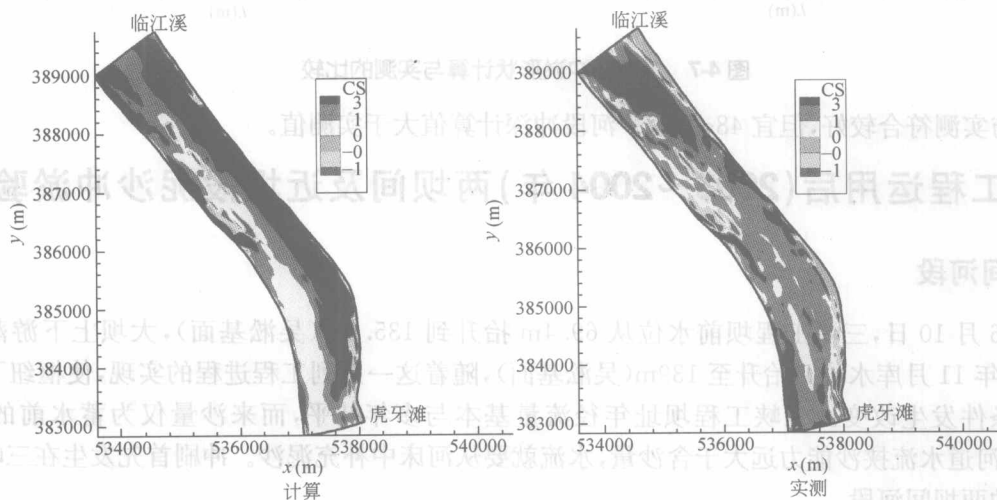


图 4-5 1996~1998 年临江溪至虎牙滩河段河床冲淤计算值与实测值的比较

表 4-5 宜枝河段分段冲淤总量计算值与体积法实测值对比

河 段	宜 34~宜 48	宜 48~宜 57	宜 57~宜 69	宜 69~荆 3
体积法冲淤体积(10^4 m^3)	-3536.9	-23.9	696.3	1450.6
计算冲淤体积(10^4 m^3)	-3025.3	-356.4	647.3	1462.4

各大断面位置如图 4-6 所示。计算得到的各断面冲淤形状与实测大断面对比如图 4-7,从中可以看到

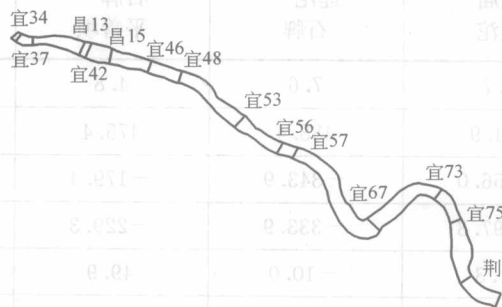


图 4-6 宜昌至枝城河段大断面位置图

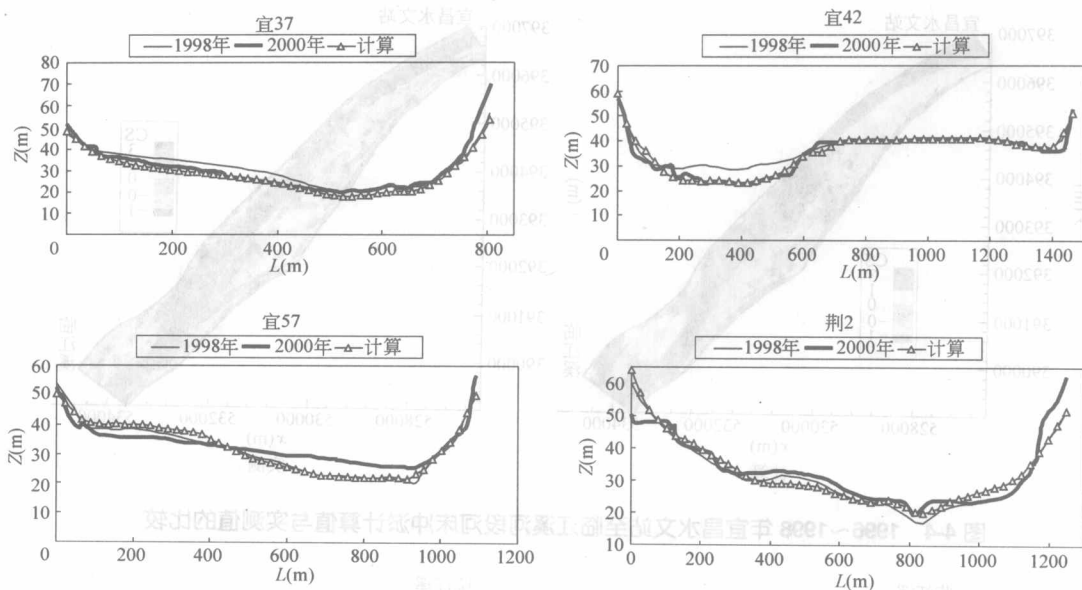


图 4-7 各断面冲淤形状计算与实测的比较

各河段计算与实测符合较好,但宜 48~宜 57 河段冲深计算值大于实测值。

5 三峡工程运用后(2003~2004 年)两坝间及近坝段泥沙冲淤验证

5.1 两坝间河段

2003 年 6 月 10 日,三峡工程坝前水位从 69.4m 抬升到 135.0m(吴淞基面),大坝上下游落差达到 69.0m,2003 年 11 月库水位又抬升至 139m(吴淞基面),随着这一系列工程进程的实现,使枢纽下游河段的水流泥沙条件发生改变。三峡工程坝址年径流量基本与多年持平,而来沙量仅为蓄水前的 15%~20%,坝下游河道水流挟沙能力远大于含沙量,水流就要从河床中补充泥沙。冲刷首先发生在三峡大坝—葛洲坝枢纽的两坝间河段。

5.1.1 二维泥沙模型的冲淤验证

验证计算时段从 2002 年 11 月到 2004 年 11 月,每天划分一个流量级。表 5-1 给出了 2002 年底至 2004 年底两坝间河床冲刷计算值与实测值的比较,图 5-1、图 5-2、图 5-3 和图 5-4 分别给出了各分段冲淤部位计算值与实测值的比较。可见,黄陵庙至南津关约 26.2km 河段计算的冲刷量为 $1903.7 \times 10^4 \text{ m}^3$,实测值为 $2237.4 \times 10^4 \text{ m}^3$,二者比较接近,冲刷部位也吻合较好(图 5-1、图 5-2、图 5-3 和图 5-4)。

表 5-1 2002 年底至 2004 年底两坝间河床冲淤量计算值与实测值的比较

河段	黄陵庙— 莲沱	莲沱— 石碑	石碑— 平善坝	平善坝— 南津关	莲沱— 南津关
间距(km)	5.7	7.6	4.8	8.1	26.2
河宽(m)	664.9	488.4	475.4	519.5	494.4
计算值(10^4 m^3)	-556.0	-343.9	-179.4	-824.5	-1903.7
实测值(10^4 m^3)	-597.3	-333.9	-229.3	-1076.9	-2237.4
计算-实测(10^4 m^3)	41.3	-10.0	49.9	252.4	333.7
偏差(%)	-6.9	3.0	-21.8	-23.4	-14.9

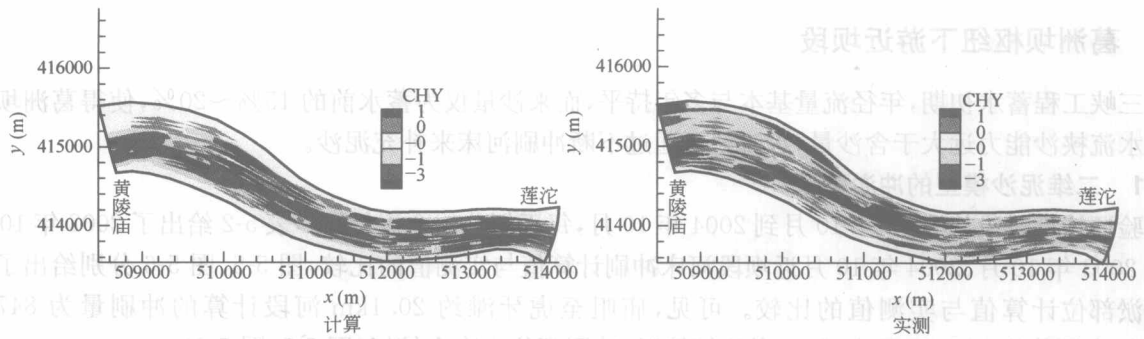


图 5-1 2002. 11~2004. 11 黄陵庙至莲沱河段河床冲淤计算值与实测值的比较

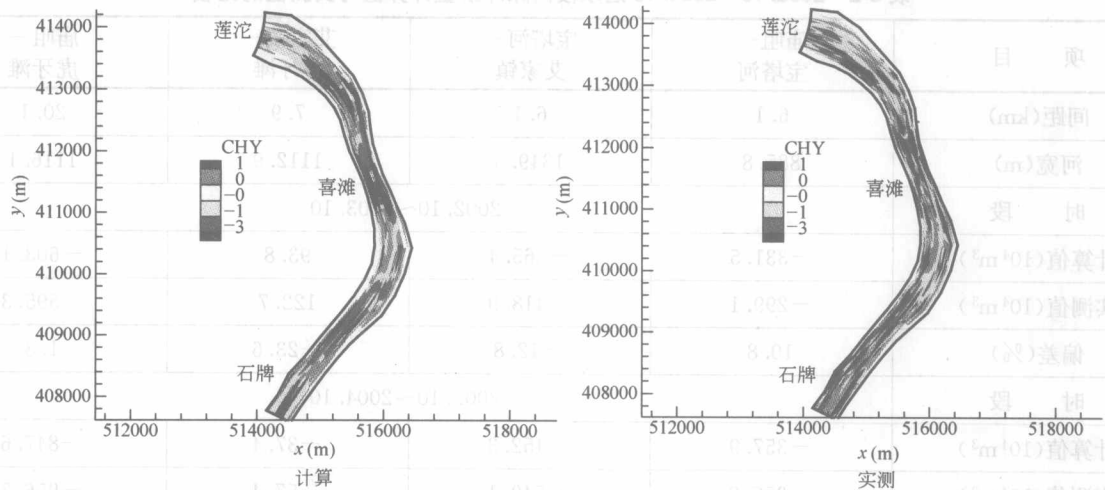


图 5-2 2002. 11~2004. 11 莲沱至石碑河段河床冲淤计算值与实测值的比较

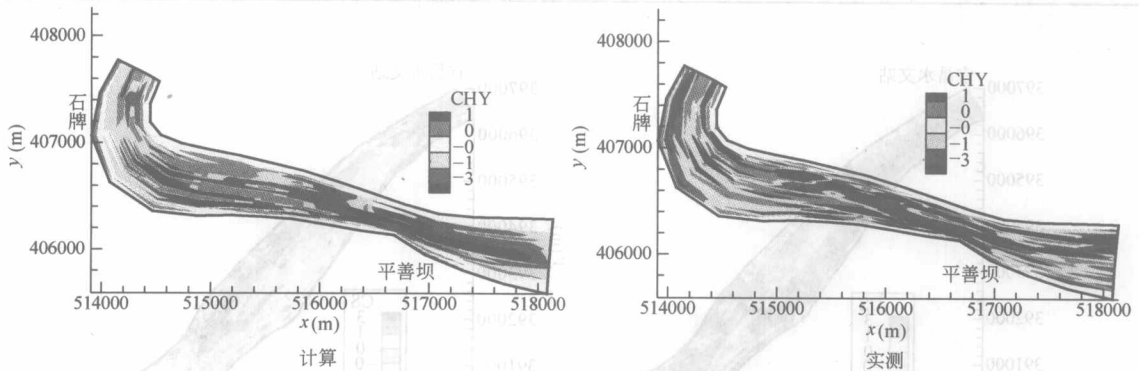


图 5-3 2002. 11~2004. 11 石碑至平善坝河段河床冲淤计算值与实测值的比较

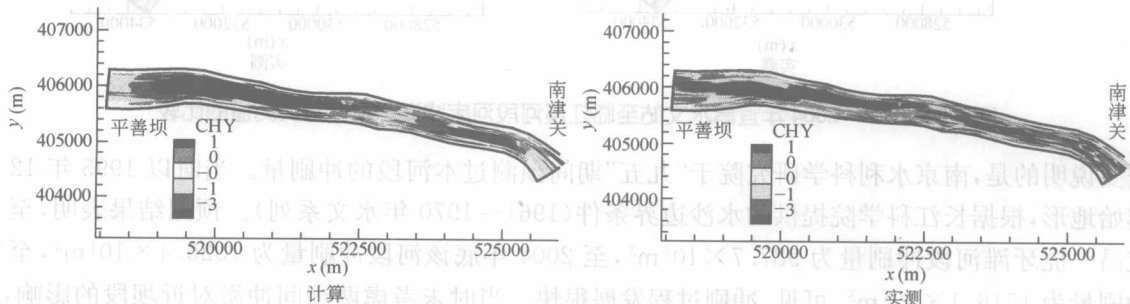


图 5-4 2002. 11~2004. 11 平善坝至南津关河段河床冲淤计算值与实测值的比较