

文章编号:1006-7329(2003)01-0073-04

# 三峡水库运行后涪陵河段河床演变试验研究

张秀芳, 张绪进

(重庆交通学院 河海建筑工程系, 重庆 400074)

**摘要:**通过系列输沙试验,研究了三峡水库按156 m方案运行时期涪陵河段的泥沙冲淤变化特征。研究表明:涪陵城区沿岸将发生普遍的淤积,淤积的主要部位是河床较宽浅的边滩、弯道凸岸和岸线参差不齐的凹岸缓流区。分析了泥沙淤积给港口航道带来的影响。

**关键词:**三峡库区;泥沙模型;河床演变;试验研究

中图分类号:TV85

文献标识码:A

涪陵城区是三峡库区受淹没影响的城市之一。在三峡水库按156 m方案运行时期,涪陵河段处于水库回水变动区。因河道水位及流速的变化,将改变该河段的冲淤规律,对航道、港口码头及市政基础设施等无法正常运行造成影响,制约涪陵经济发展,为此,研究了三峡水库按156 m方案运行时期涪陵河段的泥沙冲淤变化特征,据此分析了河道演变给航运及市政设施所造成的影响。

## 1 涪陵河段地形与水文泥沙情况

涪陵城区河势如图1。长江涪陵河段河宽500~900 m,弯道最小曲率半径约2 000 m,凹岸位于南岸市区一侧,该处河道岸线参差不齐,河中靠北岸一侧有锯子梁、洗手梁,南岸有白鹤梁。在乌江出口及以下的长江河段,有锦绣洲及大灶、小灶等石梁群,以下有和尚滩(洪水急流滩)。市区河道岸线参差不齐,江中有石盘和岩石突咀,河床底部起伏不平,河段水流结构十分复杂。龙王沱附近有大面积的回流和泡漩水,影响船舶航行。从长江下泄的污物也汇集于此地,给涪陵港区的水环境带来危害。

涪陵长江河段多年平均流量为11 200 m<sup>3</sup>/s,多年平均悬移质输沙量为4.6亿t,沙质推移质为600万t,卵石推移质为28.97万t,悬移质、沙质推移质及卵石推移质的中数粒径分别为0.028 mm、0.14 mm和51 mm。该河段的径流年内分配极不均匀,汛期6~10月平均流量为1 050 m<sup>3</sup>/s,其径流量占全年径流量的74.5%。乌江多年平均流量为1 600 m<sup>3</sup>/s,汛期6~10月平均流量为2 390 m<sup>3</sup>/s。多年平均悬移质输沙量为0.235亿t,而推移质输沙量甚少。

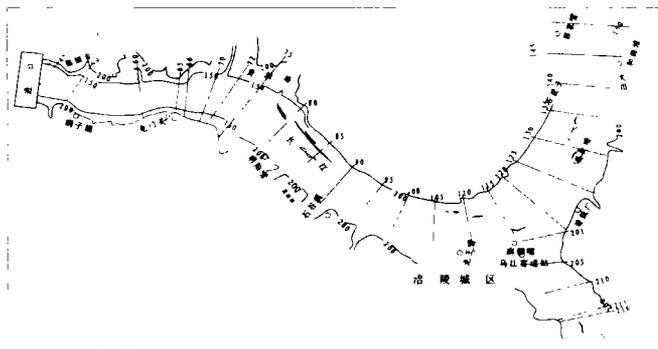


图1 涪陵河段河势及模型平面布置图

## 2 模型设计及验证

为了研究三峡成库后涪陵河段的泥沙淤积情况及其对港口航道的影响,进行了该河段1:150

\* 收稿日期:2002-10-25

作者简介:张秀芳(1973-),女,湖北罗田人,硕士,主要从事水利水运工程研究。

正态泥沙模型试验。模型范围:长江上游从猫猫岩以上约 500 m(航道里程 543.5 km)至郭家咀以下约 700 m(航道里程 531.7 km),乌江(牛屎滩至河口)。模型实际模拟了长江河道约 12 km,乌江约 6 km,模型沙选用精煤粉其比重为 1.33 t/m<sup>3</sup>。原、模型沙的粒径分布及起动流速分别见图 2、表 1。进行了洪、中、枯三级流量的瞬时水面线验证,汇合口局部河段水位和流速流向验证及两个水文年水沙冲淤地形的验证。模型比尺见表 2。

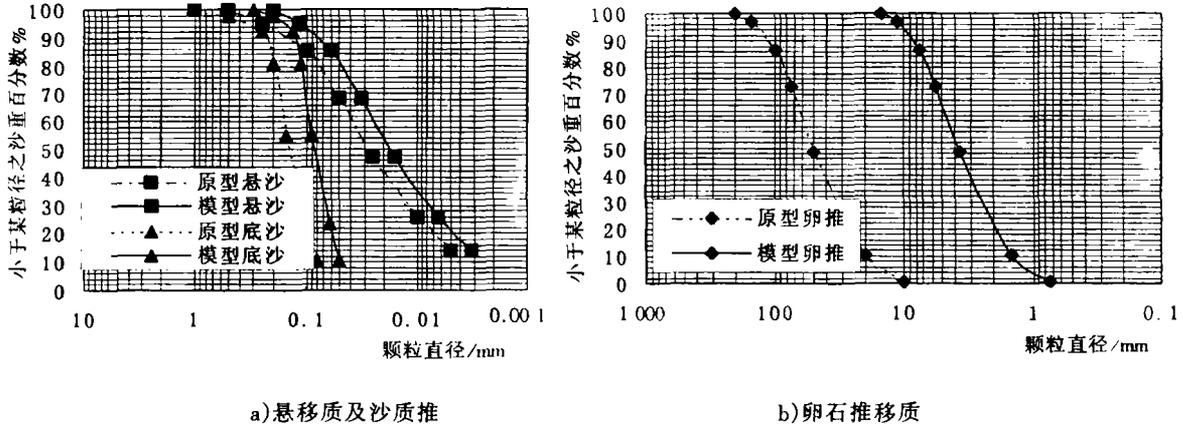


图 2 泥沙颗粒级配曲线

表 1 底沙起动流速及其比尺表

原 型 ( $\gamma_s = 2.65 \text{ t/m}^3, d_{50} = 0.14 \text{ mm}$ )				模 型 ( $\gamma_s = 1.33 \text{ t/m}^3, d_{50} = 0.082 \text{ mm}$ )		比 尺
$H(\text{m})$	$V_{11}(\text{m/s})$	$V_{12}(\text{m/s})$	$V_{13}(\text{m/s})$	$H(\text{cm})$	$V_c(\text{m/s})$	
5	0.47	0.42	0.56	3.33	4.72	8.9 ~ 11.85
10	0.53	0.51	0.64	6.67	5.22	9.77 ~ 12.26
15	0.57	0.58	0.69	10	5.53	10.3 ~ 12.48
20	0.6	0.64	0.73	13.33	5.76	10.42 ~ 12.67
25	0.62	0.7	0.77	16.67	5.95	10.42 ~ 12.94
30	0.64	0.76	0.79	20	6.1	10.49 ~ 12.95
35	0.66	0.81	0.82	23.33	6.24	10.58 ~ 13.14

注:  $V_{11}$  - 唐存本公式;  $V_{12}$  - 张瑞瑾公式;  $V_{13}$  - 沙玉清公式。

表 2 模型比尺汇总表

名 称	符 号	比尺值
平面比尺	$\lambda_L$	150
水深比尺	$\lambda_H$	150
冲淤时间比尺	$\lambda_t$	90
悬沙含沙量比尺	$\lambda_s$	0.53
悬沙粒径比尺	$\lambda_d$	1.565 - 2.506
悬沙扬动流速粒径比尺	$\lambda_{df}$	9.3 - 13.2
底沙粒径比尺	$\lambda_d$	1.565 - 3.356
底沙起动流速比尺	$\lambda_{vc}$	10.38 - 11.86
底沙输沙率比尺	$\lambda_{qs}$	557.5
卵石粒径比尺	$\lambda_d$	13.416
卵石输沙率比尺	$\lambda_{qs}$	850
卵石起动流速比尺	$\lambda_{vc}$	12.25

### 3 涪陵河段的泥沙淤积及对航道、港区和市政设施的影响

#### 3.1 试验条件及水沙过程的概化

输沙试验分别按三峡水库 156 m 方案运行 6 年和 10 年进行,来水来沙条件分别用具有代表性

的1965~1970年和1961~1970年的水文系列年进行组合。模型进口的水量和沙量采用长江寸滩站和乌江武隆站的日平均流量和含沙量资料进行概化。在进行水沙过程概化时主要考虑了以下几点:①、概化时段内的输水量和输沙量等于原型同时段的输水量和输沙量。②、水库形成后,淤积主要集中在汛期流量和沙量较大、水位较高的时段及汛末蓄水期,冲刷主要集中在汛期流量较小、水位相对较低的时段及水库水位消落期。

### 3.2 泥沙淤积与河床演变情况

水库蓄水后改变了该河段原天然情况下的冲淤平衡条件,汛期水位的抬高加重了该河段的泥沙淤积,汛末中水期泥沙也将会淤积在回水变动区河段,这将会进一步加重该河段的泥沙淤积。试验表明:水库运行6年和10年,涪陵城区长江从龟门关至苦竹沱河段(长约8 km)泥沙淤积总量分别为 $1\,466.1 \times 10^4 \text{ m}^3$ 和 $2\,077.3 \times 10^4 \text{ m}^3$ ,单位河长淤积量为 $182.01 \times 10^4 \text{ m}^3$ 和 $257.89 \times 10^4 \text{ m}^3$ ,乌江河口段(长约2.1 km)泥沙淤积量分别为 $206.98 \times 10^4 \text{ m}^3$ 和 $340.62 \times 10^4 \text{ m}^3$ ,单位河长淤积量分别为 $99.27 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{km}$ 和 $163.37 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{km}$ 。表3列出了不同河段泥沙淤积数量和淤积强度,图3和图4分别给出了该河段的淤积位置和剖面图。可以看出:水库运行6年和10年,泥沙淤积的主要部位是河床较宽浅的边滩,弯道凸岸和岸线参差不齐的凹岸缓流区。

表3 试验各分河段淤积量及淤积强度表

河段名称		龟门关	明月咀	石谷溪	龙王咀	麻柳咀	造纸厂	苦竹沱	乌江
河段长(m)		1 782	885	2 046	726	763.5	1 852.5	2 085	
淤积量 ( $10^4 \text{ m}^3$ )	6年后	524.12	136.5	294.28	153.44	171.46	186.31	206.98	
	10年后	633.3	143.3	388.3	231.56	236.5	444.3	340.62	
淤积强度 ( $10^4 \text{ m}^3/\text{km}$ )	6年后	294.12	154.24	143.83	211.35	224.57	100.57	99.27	
	10年后	355.39	161.92	189.78	318.95	309.76	239.83	163.37	
淤积速度 ( $10^4 \text{ m}^3/\text{km} \cdot \text{年}$ )	6年后	49.02	25.17	23.97	35.23	37.43	16.76	16.55	
	10年后	35.54	16.19	18.98	31.89	30.98	23.98	16.34	

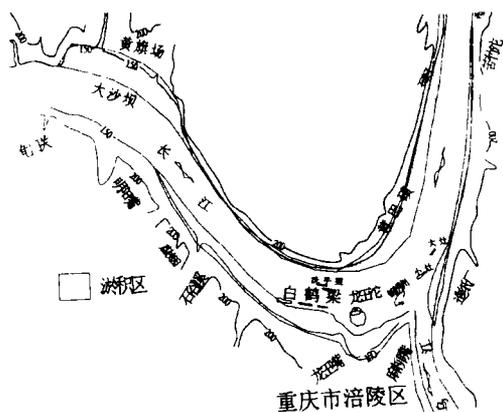


图3 涪陵河段泥沙淤积分布图

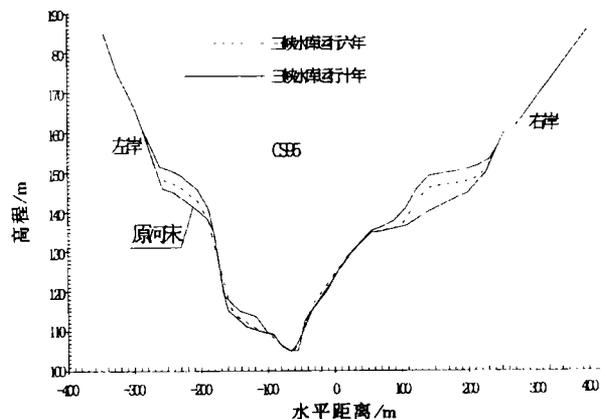


图4 泥沙淤积剖面图

### 3.3 泥沙淤积的滩槽分配与粒径分布

为了研究泥沙淤积的滩槽分配情况,以实测枯水流量 $Q_{\text{长}}/Q_{\text{乌}} = 3\,040/1\,000 \text{ m}^3/\text{s}$ 的水边线为标准,水边线范围以内的河槽为主槽,其余为边滩,水库运行6年后,在该水边线以内的长江主河槽淤积 $361.64 \times 10^4 \text{ m}^3$ ,滩槽分配比为3.05。对于乌江河口段,水边线以内的主河槽淤积量为 $95.22 \times 10^4 \text{ m}^3$ ,边滩淤积 $157.81 \times 10^4 \text{ m}^3$ ,滩槽分配比为1.65。表4给出了边滩发育较完整的黄巴碛边滩不同部位的粒径分布。

表4 试验河段淤积级配表

粒径(mm)	<0.01	0.01~0.025	0.025~0.05	0.05~0.1	0.1~0.5	0.5~1	1~10	>10	$D_{50}$
主槽		1.2	0.2	0.7	5.3	5.6	26.1	60.9	12.1
滩顶边沿	1.8	5.1	12.8	30.1	31.7	8.3	5.8	4.4	0.098
滩顶面	3.2	4.5	15.4	32	35.8	8	1.1	0	0.085

### 3.4 泥沙淤积对航道、港口的影响

根据试验观测:水库刚开始蓄水运行第 1 年和水库运行到第 6 年末,涪陵城区长江河段的流速大小分布与流态情况有一定的调整,但无显著变化,对航运没有大的影响。水库运行 6 年,航行较困难的河段仍为下白鹤梁至龙王沱河段。由于受龙王沱回旋水流的挤压,该河段主流区流速超过川江船队容许的最大流速值,该处剪刀水,泡水、漩水并存,航行条件相对较差。在乌江出口河段,由于普遍发生泥沙淤积,特别是乌江口拦门沙的存在,当汛期流量较小时,船舶进出乌江河口比较困难。

水库按 156 m 方案运行 6~10 年,涪陵城区沿岸将发生普遍的淤积,其中在荔枝园附近河段淤积厚度为 4~10 m,边滩宽度约 80 m;在白鹤梁内,边滩淤积厚 6~13 m,边滩宽 140 m 左右;在龙王沱主港区边滩淤积厚度为 4~7 m,淤积边滩一直延至龙王沱深潭边沿;在涪陵城区乌江沿岸淤积厚度为 5~7 m。随着水库运行时间的增长及水位的抬高,泥沙淤积还将进一步发展。涪陵城区沿岸的泥沙淤积,将严重影响涪陵港区原已建的水部分码头设施正常功能的发挥,船舶将无法在该港区航行,停靠和进出港作业,涪陵城区沿江市政基础设施,也将面临全面报废的危险。

## 4 结语

通过 1:150 正态泥沙模型试验研究了三峡水库按 156 m 方案运行后涪陵河段的泥沙淤积与河床演变情况,分析研究表明:

1) 三峡水库按 156 m 方案运行 6 年后,该河段的泥沙淤积具有呈累积性增长的趋势,泥沙淤积的主要部位首先是河床较宽浅的边滩,弯道凸岸和岸线参差不齐的凹岸缓流区。

2) 水库按 156 m 方案运行 6 年,泥沙淤积对长江主航道的通航条件影响甚小,但在市区沿岸淤积的边滩将给涪陵港区码头和沿江市政设施带来严重影响。

3) 水库按 156 m 方案运行 6 至 10 年,乌江河口段已普遍淤积,在乌江口有拦门沙存在,影响进出乌江船舶的航行和停靠。

## 参考文献:

- [1] 张绪进.涪陵市城区移民迁建防护工程水工模型试验研究报告(可行性阶段)[R].重庆:西南水运工程科学研究所,1995.
- [2] 张绪进.涪陵市城区移民迁建防护工程初设阶段泥沙模型试验成果报告[R].重庆:西南水运工程科学研究所,1997.
- [3] 水利电力部科学技术司.三峡工程泥沙问题研究成果汇编(160~180 m 蓄水位方案)[R].1988.
- [4] 交通部三峡工程航运办公室.长江三峡工程泥沙和航运关键技术研究成果汇编[R].1991.
- [5] 水利部长江水利委员会.三峡库区回水计算简要报告[R].1992.

(下转第 117 页)

### 3 结束语

两个主墩分四个独立围堰进行施工,从 2000 年 10 月开始现场拼装到 2001 年 1 月下旬下沉到位,历时 4 个月,其中下游两个围堰在天文潮期刚过就开始了,下沉期每个围堰以 50 /d 速度下沉,从沉放的精度来看,最大的偏差 7 cm,最小的偏差仅 3 cm,这在钱塘江强涌潮河段基础施工中堪称奇迹,为今后类似工程的施工提供了经验。

## Construction Technology for Large Double Wall Steel Cofferdam in Strong Bore Section

LU Xiang - dong, HUANG Chao - hui

(No.2 Engineering Company of No.2 Navigational Engineering Bureau of China Harbour Engineering Company Group, Chongqing 400042, P. R. China)

**Abstract:** In this paper, the construction approach of double wall steel cofferdam for the foundation of Xiasha Bridge in Hangzhou City to overcome the strong bore is introduced. The construction flowchart of the steel cofferdam is described in detail. The technical nodus of the erection on the shield reel of the piles and sinking of the steel cofferdam were expounded. It provides valuable experience for the construction of similar projects in future.

**Keywords:** strong bore; steel cofferdam; construction

(上接第 76 页)

## Study on Bed Evolution of Fuling Reach in Three Gorges Reservoir District

ZHANG Xiu - fang, ZHANG Xu - jin

(Department of River and Ocean Engineering, Chongqing Institute of Communications, Chongqing 400074, P. R. China)

**Abstract:** A series of sediment transportation tests have been carried out and the bed evolution proceeding at 156 m scheme has been predicted. According to the experiment, there would be overall disposition along the Fuling reach and its influence on navigation channel was analyzed.

**Keywords:** Three Gorges Reservoir District; sediment model; bed evolution; experimental study