

洞庭湖冲淤变化分析(1956-1995年)*

施修端 夏薇 杨彬

(水利部长江水利委员会长江中游局, 武汉 430012)

提要 根据1956-1995年洞庭湖水文泥沙原型观测和地形测绘等翔实资料,运用输沙量和地形法对洞庭湖(湖区各站)冲淤变化进行了认真的统计分析.分析结果表明,洞庭湖来水量以四水为主,占57.8%;来沙量以四口为主,占79.5%,多年平均沉积率为74.0%,出湖仅占26.0%;淤积量及出湖水沙量随着四口分流分沙比的减小而减少.洞庭湖年淤积量为 $49.3 \times 10^8 \text{ t}$,其中四口水系约 $17.3 \times 10^8 \text{ t}$,占35.1%,天然湖泊约 $32.0 \times 10^8 \text{ t}$,占64.9%;天然湖泊年均淤积量、淤积体积、淤积厚度分别为 $0.8 \times 10^8 \text{ t}$ 、 $0.57 \times 10^8 \text{ m}^3$ 、0.018m.洞庭湖水系中,松滋河的东西两支、资水尾闾、草尾河、西洞庭湖两个出口等测站河床呈冲刷趋势,其他水系湖泊呈淤积状态.洞庭湖出口河道从1988年起显冲刷迹象,指示洞庭湖的衰亡呈缓解状态.

关键词 泥沙淤积 冲淤变化 洞庭湖

分类号 P343.3 P333.4

洞庭湖是调蓄湘、资、沅、澧四水和长江分入洪水的重要场所.由于洞庭湖的调蓄,削减了城陵矶以上洪峰,从而减轻了荆江河段及城陵矶以下干流河段的洪水压力,对荆江防洪起到了举足轻重的作用.但是多年来,由于泥沙淤积,湖面萎缩,湖容减小,调蓄能力日益降低,直接影响荆江与洞庭湖的防洪排涝.因此为了为三峡水库施工期间和建成之后的管理运行、预报调度、防洪规划等提供科学依据,必须对洞庭湖及湖区各站冲淤变化进行分析.

洞庭湖位于长江中游荆江河段南岸,其北面有松滋河、虎渡河、藕池河及华容河构成“四口”水系,西南面有湘、资、沅、澧“四水”水系;另外,赤山岛的西北面有西洞庭湖,东南面有南洞庭湖、磊石山以北为东洞庭湖等三个湖区水系(图1).洞庭湖接纳四水和四口(松滋口、太平口、藕池口及调弦口,其中调弦口已于1958年建闸控制未再分流)以及澧水、汨罗江、新墙河等湖区周边的中、小河流的来水来沙,经湖泊调蓄后由城陵矶出口汇入长江.

洞庭湖与荆江相互影响,息息相关.荆江河段裁弯前全长约412km,自枝城至藕池口为上荆江,长约167km;从藕池口至洞庭湖出口城陵矶称下荆江,长约245km.1967年、1969年进行了中洲子和上车弯两次人工裁弯,1972年7月发生了沙滩子自然裁弯,共缩短河长约70余km,荆江现在河长约337km(1989年).这不仅影响荆江四口的分流分沙和洞庭湖汇水汇沙的组成及其泥沙的淤积^[1],也影响洞庭湖出口河道形态^[2]及水沙变化与洞庭湖的兴衰.

1 洞庭湖汇水汇沙及出口水沙变化

洞庭湖水量来自四水、四口和区间,以四水为主.根据1956-1995年40年有关资料统计,

* “九五”国家重点科技攻关三峡工程泥沙科研项目资助.

收稿日期:1998-05-10;收到修改稿日期:1998-11-20.施修端,男,1939年生,高级工程师.

多年平均径流量四水为 $1636 \times 10^8 \text{ m}^3$ 、四口为 $949 \times 10^8 \text{ m}^3$ 、区间为 $246 \times 10^8 \text{ m}^3$ ；在入湖水量中四水占 57.8%，四口占 33.5%，区间占 8.7%。

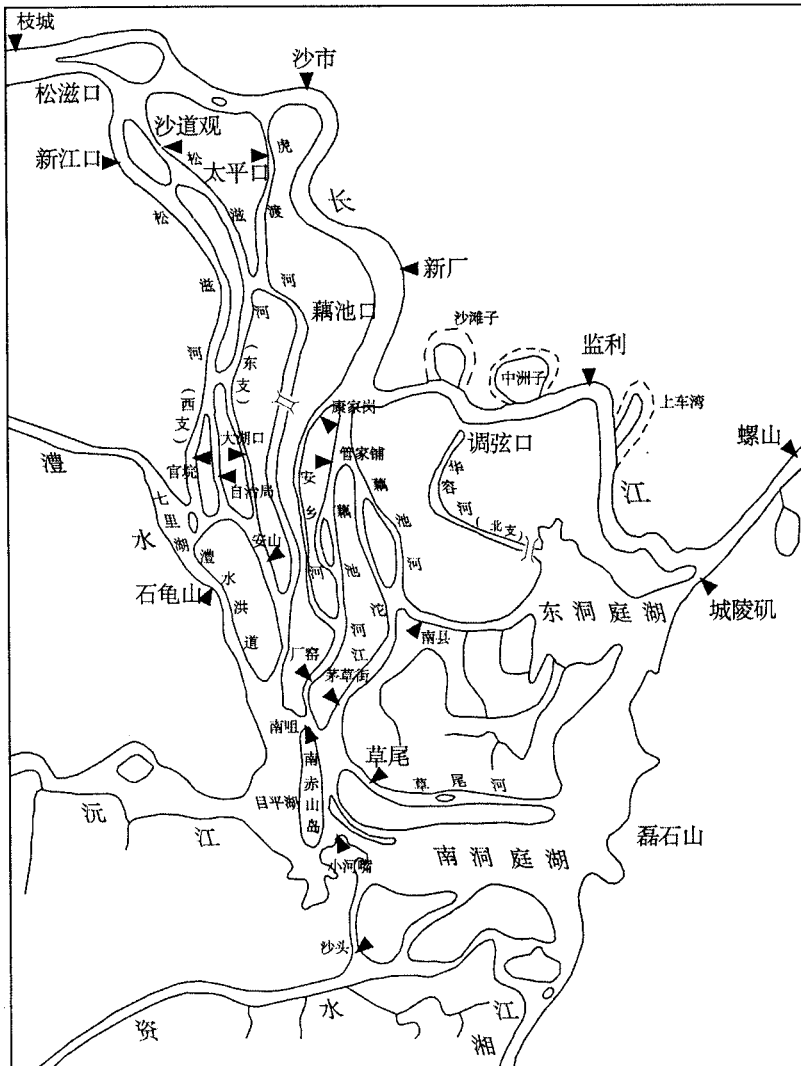


图 1 洞庭湖区河湖及有关水文测站分布

Fig. 1 The hydrological systems of Dongting Lake area and relevant stations

洞庭湖沙量来自四口、四水及区间，以四口为主，经调蓄沉积以后，从城陵矶输移出湖。据 1956-1995 年有关资料统计^{[1,2],①}，洞庭湖总淤积量为 $493014 \times 10^4 \text{ t}$ ，其中多年平均四口为 $13241 \times 10^4 \text{ t}$ ，四水为 $3033 \times 10^4 \text{ t}$ ，区间为 $381 \times 10^4 \text{ t}$ ；出湖 $4330 \times 10^4 \text{ t}$ ，淤积量为 $12325 \times 10^4 \text{ t}$

① 水利部长江水利委员会水文局. 洞庭湖区湖泊面积、容积量算成果报告, 1997

(若干容重取 $1.4\text{t}\cdot\text{m}^{-3}$, 则每年淤积体积为 $0.88 \times 10^8\text{m}^3$). 在入湖沙量中, 四口占 79.5%, 四水占 18.2%, 区间占 2%, 沉积率达 74.0%, 而出湖仅占 26.0%. 由于受江湖自身自然演变和人类活动等因素的影响, 四口分流分沙比沿时程呈减小趋势, 相应的四口分流与分沙量、湖区的淤积量及出湖的水沙量亦呈减少趋势, 而沉积率尚无明显趋势变化(图 2).

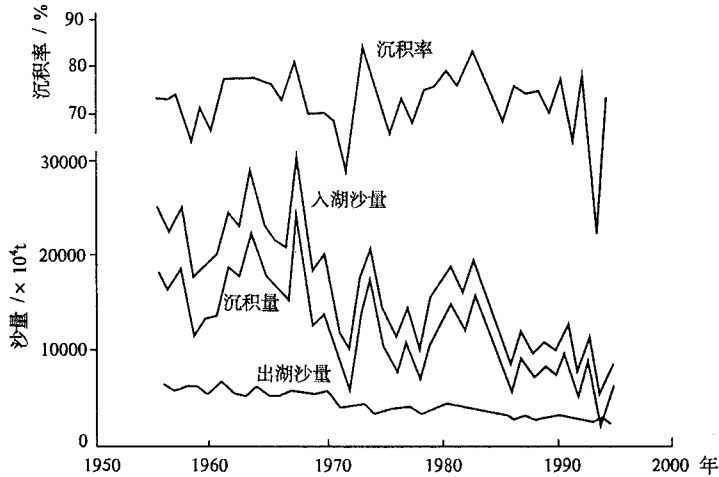


图 2 洞庭湖泥沙输移、沉积过程线(1956-1995年)

Fig. 2 Process lines of sand transportation and deposit in the Dongting Lake, 1956-1995

2 洞庭湖淤积变化分析

2.1 1983-1995年洞庭湖来沙及出湖沙量变化

洞庭湖 1983-1995 年间四口、四水、区间来沙量分别为 $113005 \times 10^4\text{t}$ 、 $29620 \times 10^4\text{t}$ 和 $3358 \times 10^4\text{t}$, 占总入湖沙量($145983 \times 10^4\text{t}$)的 77.4%、20.3% 和 2.3%; 出湖沙量为 $37400 \times 10^4\text{t}$, 全湖淤积量为 $108583 \times 10^4\text{t}$, 沉积率为 74.4%. 说明四口来沙量的比重有所减少.

2.2 1983-1995年洞庭湖泥沙淤积变化

2.2.1 输沙量法 1983-1995 年悬移质淤积量中, 东、南洞庭湖与目平湖和七里湖四个湖泊(包括其区间)合计为 $70514 \times 10^4\text{t}$, 四口水系为 $38069 \times 10^4\text{t}$, 分别占全湖淤积量($108583 \times 10^4\text{t}$)的 64.9% 和 35.1%; 其中, 东、南、西洞庭湖分别为 $25000 \times 10^4\text{t}$ 、 $35616 \times 10^4\text{t}$ 和 $9898 \times 10^4\text{t}$, 分别占全湖淤积量的 23.0%、32.8% 和 9.1%(表 1).

2.2.2 地形法 应用 1994-1995 年 1:10000 洞庭湖水道地形图进行量算的高程-面积-容积关系曲线图与 1983 年量算的成果进行比较, 可见 1995 年比 1983 年东、南、西洞庭湖泥沙淤积体积分别为 $0.72 \times 10^8\text{m}^3$ 、 $3.07 \times 10^8\text{m}^3$ 、 $0.92 \times 10^8\text{m}^3$, 合计 $4.71 \times 10^8\text{m}^3$, 而输沙量法计算的相应淤积体积为 $5.04 \times 10^8\text{m}^3$, 结果相差不大.

2.3 1995年与1983年洞庭湖容积变化

当城陵矶(七里山)水位为 31.50m 时(黄海基面), 1995 年洞庭湖全湖容积为 $172.36 \times 10^8\text{m}^3$, 四个天然湖泊容积为 $166.87 \times 10^8\text{m}^3$, 洪道容积为 $5.48 \times 10^8\text{m}^3$. 四个天然湖泊占全湖容积的 96.8%, 其中东、南洞庭湖、目平湖、七里湖等四湖分别占 54.6%、31.0%、10.0% 和

1.2%；洪道占全湖容积的 3.2%，其中澧水、草尾河洪道各占 1.6%。与 1983 年^[3]相比，四个天然湖泊容积减少了 $7.13 \times 10^8 \text{ m}^3$ ，比 1983 年相应容积减小 4.1%。若考虑 1983 年以来堤顶增高没有参与量算的减少量 $2.42 \times 10^8 \text{ m}^3$ ，则实际上只减小容积 $4.71 \times 10^8 \text{ m}^3$ ，只占 1983 年相应容积的 2.7% (表 2)。

表 1 1983 - 1995 年洞庭湖泥沙淤积变化统计*

Tab.1 Statistics on the deposition in Dongting Lake, 1983 - 1995

方法	项 目	东、南洞庭湖			西洞庭湖			四湖 合计	四口 水系	四湖 + 四口水系
		东	南	小计	目平湖	七里湖	小 计			
输沙量法	ΔQ_s	25000	35616	60616			9898	70514	38069	108583
	ΔV_s	1.79	2.54	4.33			0.71	5.04	2.71	7.75
	比例/%	23.0	32.8	55.8			9.1	64.9	35.1	100
	比例/%	35.5	50.4	85.9			14.1	100		
地形法	ΔV	1.22	3.83	5.05	1.57	0.51	2.08	7.13		
	ΔV_1	0.50	0.76	1.26	0.65	0.51	1.16	2.42		
	$\Delta V - \Delta V_1$	0.72	3.07	3.79	0.92	0.00	0.92	4.71		
	比例/%	15.3	65.2	80.5	19.5	0.0	19.5	100		
两法平均	比例/%	25.4	57.8	83.2			16.8	100		

* ΔQ_s 为输沙淤积量 ($\times 10^4 \text{ t}$); ΔV_s 为输沙相应淤积体积 ($\times 10^8 \text{ m}^3$); ΔV 为地形法泥沙淤积体积 ($\times 10^8 \text{ m}^3$); ΔV_1 为 1983 年以来堤顶增高没有参与量算的减少量 (系估算值, $\times 10^8 \text{ m}^3$)。相应高程为城陵矶 (七里山) 31.50m (黄海基面)。东、南洞庭湖分界处为荷叶湖断面, 近几年来, 每年只巡测几次含沙量, 资料精度有限。干容重取 $1.4 \text{ t} \cdot \text{m}^{-3}$ 。

表 2 1995 年与 1983 年洞庭湖容积变化比较*

Tab.2 Comparison between volumes of 1995 and 1983, Dongting Lake

年份	项 目	洞 庭 湖		目平湖	七里湖	四湖 合计	洪 道		洪道 合计	全湖 总计
		东	南				澧水	草尾河		
1983	$V_1/10^8 \text{ m}^3$	95.35	57.31	18.74	2.60	174.00				
1995	$V_2/10^8 \text{ m}^3$	94.13	53.48	17.17	2.09	166.87	2.75	2.73	5.48	172.36
	比例/%	54.6	31.0	10.0	1.2	96.3	1.6	1.6	3.2	100
	$V_2 - V_1/10^8 \text{ m}^3$	-1.22	-3.83	-1.57	-0.51	-7.13				
	$\frac{V_2 - V_1}{V_1}/\%$	-1.3	-6.7	-8.4	-19.6	-4.1				
	$V_3/10^8 \text{ m}^3$	0.50	0.76	0.65	0.51	2.42				
	$(V_2 - V_1 - V_3)/10^8 \text{ m}^3$	-0.72	-3.07	-0.92	0.00	-4.71				
	$\frac{V_2 - V_1 - V_3}{V_1}/\%$	-0.8	-5.4	-4.9	0.0	-2.7				

* 高程为城陵矶 (七里山) 31.50m (黄海基面) 时的容积变化。 V_3 为 1983 年以来堤顶增高没有参与量算的减少量 (系估算值); V_1 为 1983 年湖南省公布的量算成果。

2.4 1956 - 1995 年洞庭湖湖底平均高程变化

洞庭湖天然湖泊包括东、南洞庭湖、目平湖、七里湖等四个湖泊, 其湖底平均高程的变化采用地形法和输沙量法对原型观测资料进行分析计算。

地形法根据 1995 年与 1956 年(系 1954 年和 1958 年直线插补)水下地形测绘资料量算的四个天然湖泊的面积及容积(相应城陵矶黄海基面水位 31.50m)计算湖底平均高程.结果显示,1956 年天然湖泊湖底平均高程为 24.47m,到 1995 年已为 25.10m,平均淤高 0.63m,年均淤积厚度为 0.016m.

输沙量法系根据 1956-1995 年间 40 年悬移质输沙量,四口、四水和区间总入湖沙量减去出湖沙量,即为整个洞庭湖的淤积量 $493014 \times 10^4 \text{t}$,扣除四口水系淤积量 $174048 \times 10^4 \text{t}$,余下的为四个天然湖泊淤积量 $319966 \times 10^4 \text{t}$.相应淤积厚度为 0.74m,年均淤积量 $0.8 \times 10^8 \text{t}$,淤积体积 $0.57 \times 10^8 \text{m}^3$,相当于年淤积厚度 0.0185m.两种方法计算结果基本吻合.

3 洞庭湖湖区各站冲淤变化分析

为了探讨洞庭湖区各站冲淤变化规律,采用 1956-1995 年长系列同步的原型观测资料,划分为五个时段,即 1956-1966 年、1967-1972 年、1973-1980 年、1981-1988 年和 1989-1995 年,并且均以各站水位频率曲线上相应频率为 85%、50%、15% 时的水位级分别代表高、中、低水;在此基础上分析各站水文断面相应于高、中、低水时河底平均高程的变化.各站断面年内变化,除了南县站外基本稳定.

3.1 松滋河、虎渡河水系测站

3.1.1 松滋河西支官垸 该站河床系冲积砂壤土组成,断面年际变化呈冲刷趋势,第五时段比第一时段高、中、低水时分别累积降低河床平均高程 0.63m、0.50m 和 0.80m.

3.1.2 松滋河东支大湖口站 该站河槽为粘土,河滩为细砂组成.断面年际变化呈冲刷趋势,第五时段比第一时段高、中、低水时分别累积降低河床平均高程 0.66m、1.03m 和 0.92m.

3.1.3 松滋河中支自治局站 该站河床右岸为粘土,左岸为细砂,滩地为泥土组成,断面年际变化呈淤积状态.第五时段比第一时段高、中、低水分别累积抬高河底平均高程 0.76m、1.28m 和 0.36m.

总之,近 40 年来松滋河东、西两支呈发展趋势,中支呈萎缩状态.

3.1.4 松虎合流安乡站 该站河床为沙质土壤组成,断面低、中水时呈淤积状态,第五时段比第一时段分别累积抬高河底平均高程 0.54m、0.94m,高水时变化甚小.

3.2 藕池河水系测站

3.2.1 安乡河及藕池河西支三岔河站 该站系沙质河床,断面年际变化呈淤积状态.厂窖站第三时段比第一时段高、中、低水时分别累积抬高河底平均高程 1.52m、1.33m 和 0.82m,三岔河站第五时段比第四时段高、中、低水时分别相应抬高 0.82m、0.79m 和 0.75m.

3.2.2 藕池河北支南县站 该站系细沙和泥夹沙质河床,冲淤变化较大,累积淤积厚度最大可达 6m.其断面年内变化多数呈涨淤落冲,变幅不等.而年际变化高、中水时呈淤积状态,第五时段比第一时段高、中水时分别累积抬高河底平均高程 1.42m、0.65m;低水时变化不大.

3.2.3 沱江(藕池河中支) 经调研其河床淤积严重,枯季断流.

总之,近 40 年来藕池河水系呈淤积状态.

3.3 澧水洪道石龟山站

该站河床主槽为粘土,滩地组成系沙壤土,断面年际变化呈淤积状态,第五时段比第一时段高、中、低水时分别累积抬高河底平均高程 1.08m、2.01m 和 2.83m.

3.4 西洞庭湖出口测站

3.4.1 西洞庭湖出口南咀站(北端) 该站河床右岸为礁板土质,不易被冲刷;左岸为沙质土壤,有冲淤变化.断面年际变化略呈冲刷趋势,第五时段比第一时段高、中、低水分别累积降低河床平均高程 0.25m、0.52m 和 1.49m.

3.4.2 西洞庭湖出口小河咀站(南端) 该站河床系硬质黄土组成,冲淤变化不大.断面年际变化略呈冲刷趋势,第五时段比第一时段高、中、低水时分别累积降低河床平均高程 0.11m、0.15m 和 0.21m.

3.5 资水尾闾沙头站

该站河床左岸为砂夹泥,主槽及右岸为粘土.断面年际变化略呈冲刷趋势,第五时段比第一时段高、中、低水时分别累积降低河床平均高程 0.16m、0.26m 和 0.22m.

3.6 草尾河洪道草尾站

该站河床左侧为粘土,右侧系沙土结构.断面年际变化呈冲刷趋势,第五时段比第二时段高、中、低水时分别累积降低河床平均高程 0.78m、0.67m 和 0.64m.

3.7 洞庭湖出口城陵矶(七里山)站

该站河床右岸为礁板河床,左岸及河槽系细沙淤泥组成,断面年际变化呈淤积状态,第四时段比第一时段高、中、低水时分别累积抬高河床平均高程 0.85m、0.97m 和 1.03m;而第五时段比第四时段略有冲刷,高、中、低水时分别降低相应高程 0.03m、0.12m 和 0.03m.

4 结语

(1) 1956-1995 年洞庭湖来水量以四水为主,四水占 57.8%,四口占 33.5%,区间占 8.7%;其来沙量以四口为主,四口占 79.5%,四水占 18.2%,区间占 2.3%.多年平均沉积率为 74.0%,出湖泥沙量占 26.0%.其淤积量及出湖水沙量随着四口分流分沙比的减小而减少.

(2) 1956-1995 年洞庭湖淤积量为 $49.3 \times 10^8 \text{t}$,其中四口水系约 $17.3 \times 10^8 \text{t}$,占 35.1%;天然湖泊约 $32.0 \times 10^8 \text{t}$,占 64.9%.天然湖泊年均淤积量、淤积体积、分别为 $0.8 \times 10^8 \text{t}$ 和 $0.57 \times 10^8 \text{m}^3$,年均淤积厚度为 0.018m(输沙量法)和 0.016m(地形法).

(3) 1995 年与 1983 年相比洞庭湖天然湖泊容积减小 $7.13 \times 10^8 \text{m}^3$,相当于 1983 年相应容积的 4.1%.

(4) 洞庭湖水系中,松滋河的东西两支、资水尾闾、草尾河、西洞庭湖两个出口等测站河床呈冲刷趋势,其他水系湖泊呈淤积状态,而洞庭湖出口河道从 1988 年起呈冲刷迹象.

参 考 文 献

- 1 林承坤,高锡珍.水利工程兴建后洞庭湖泥沙与径流的变化.湖泊科学,1994,6(1):33-39
- 2 黎 明.洞庭湖城陵矶水道水力几何形态的研究.湖泊科学,1997,9(2):112-116
- 3 孙罗生.洞庭湖天然湖泊高程-面积-容积关系.水资源与水利区划,1983,(2)

Sediment Deposition and Erosion in Dongting Lake(1956 - 1995)

SHI Xiuduan XIA Wei YANG Bing

(The Yangtze River Middle Reaches Bureau, The Yangtze River Valley Planning Commission, Wuhan 430012)

Abstract

By using the hydrological and topographical data collected from hydrological stations around Dongting Lake, the amount of sediment deposition and erosion from the lake(1956 - 1995) is analyzed with sediment budget method and topographical method. The results demonstrate that the inflow from the Lishi River, Yuanjiang River, Xiangjiang River and Zishui River contributes 57.8% of the total water into Dongting Lake, while the runoff from the Yangtze River through 4 intakes and channels which connect the Yangtze River and the lake occupies 33.6%. Among the sediment transported into the lake, 79.5% is from the Yangtze River, 18.2% from the four tributaries and only 2.3% from the local area. Up to 74% of the sediment into the lake is deposited in the lake, with the rest carried out of the lake to the Yangtze River. The runoff flowing from the Yangtze River into the lake has been reducing because of the siltation of the lake. Hence the siltation rate and the flow returning into the Yangtze River decrease. The total amount of sediment deposition in the lakes in the past 40 years (1956 - 1995) was calculated at 4.93 billion cubic meters that made the lake silted up by 0.63 - 0.74 m. The rate of siltation is estimated at $0.018 \text{ m}\cdot\text{a}^{-1}$ with the sediment budget method and $0.016 \text{ m}\cdot\text{a}^{-1}$ with the topographical method. Sedimentation in the period 1983 - 1995 led eastern part of Dongting lake shrank by 1.5%, southern part of Dongting Lake by 2.5%, Muping Lake by 5.4% and Qili Lake by 22.5%. In the past 40 years, the East and West branches of the Songzi River, the lower reaches of the Zishui River, the Caowei River, the south and north outlets of Dongting lake have exhibited a bed degradation by 1.03m, 0.5m, 0.26m, 0.67m, 0.15m and 0.52m respectively, whereas the rest have silted up. In the main outlet of the lake, Chenglingji Station, an erosion has been observed since 1988. The impoundment of the Three Gorges Reservoir will probably reduce the inflow of water and sediment to lake and the rate of siltation of the lake will slow down.

Key Words Dongting Lake, sand deposition, sediment budget