

# 三峡工程运行以来洞庭湖水沙过程变异及其影响分析

胡光伟<sup>1</sup>, 毛德华<sup>1</sup>, 李正最<sup>2</sup>, 谭子芳<sup>1</sup>, 冯 畅<sup>1</sup>

(1. 湖南师范大学 资源与环境科学学院, 长沙 410081; 2. 湖南省水文水资源勘测局, 长沙 410073)

**摘 要:**为了探讨三峡工程运行后洞庭湖区水沙条件变化及其对江湖关系、水情响应、冲淤变化等的影响,以水沙过程变异为主线,利用最新水沙观测资料,采用水文描述法、变差系数法、双累积曲线法、数学计量等方法分析了洞庭湖区水沙变异特征和江湖水沙交互关系,结果表明:(1) 从年际和代际尺度上看,长江上游降水量减少和三峡工程建设等人类活动是影响洞庭湖水沙变异的主要因素;(2) 洞庭湖流域外界环境的变化导致了三口分流分沙的锐减,并呈现三口口门趋于淤积的状态,藕池河和虎渡河逐渐走向衰亡;(3) 从洞庭湖泥沙沉积量过程线来看,2003—2011 年洞庭湖的累计泥沙淤积量仅为 3 411 万 t,比多年平均值减少 93.5%。

**关键词:**三峡工程; 洞庭湖; 水沙变异; 冲淤变化; 影响分析

**中图分类号:**TV148; P332.5

**文献标识码:**A

**文章编号:**1005-3409(2013)05-0170-06

## Water and Sediment Process Variation and Impact Analysis of Dongting Lake Since the Operation of the Three Gorges Project

HU Guang-wei<sup>1</sup>, MAO De-hua<sup>1</sup>, LI Zheng-zui<sup>2</sup>, TAN Zi-fang<sup>1</sup>, FENG Chang<sup>1</sup>

(1. College of Resources and Environmental Science, Hu'nan Normal University, Changsha 410081, China; 2. Hydrology and Water Resources Survey Bureau of Hu'nan Province, Changsha 410073, China)

**Abstract:** In order to discuss the changes of erosion, hydrological response, relationship between river and lake, variation of the condition of water and sediment of the Dongting Lake area since the operation of the three gorges project, this paper took the water and sediment process variation as the main line, made full use of the existing and the latest observation hydrology and sediment hydrological data of Dongting Lake, applied hydrological method, variation coefficient method, double accumulated curve method, mathematics computation method, analyzed the interactive relationship of the Dongting Lake water and the Yangtze River, and the variation features of the flow and sediment of the Dongting Lake. It was concluded that the following main conclusions: (1) judging from the inter-annual and inter-generational scale, precipitation reduction of the upper reaches of Yangtze River and Three Gorges Project construction are the main factors of the flow and sediment variation of the Dongting Lake; (2) the sharp decline of flow and sediment of the three outlets of Jingjiang River due to the changes in the external environment of Dongting Lake basin, and the three outlets tend to siltation, Ouchi River and Hudu River are gradually demise; (3) from the amount of sedimentation process line of the Dongting Lake, the amount of accumulated sediment deposition of the Dongting Lake in 2003—2010 is merely  $3.411 \times 10^7$  t, reduced by 93.5% than the average for many years.

**Key words:** the Three Gorges Project; Dongting Lake; water and sediment variation; erosion and deposition change; the impact analysis

江湖关系相互作用所引起的湖泊水沙过程变异,一直是水利工作者和地理学者关注的焦点问题。洞

庭湖作为长江中游重要的通江型湖泊,承载着分泄荆江松滋、太平、藕池三口来水来沙,汇合湘、资、沅、澧

收稿日期:2013-03-21

修回日期:2013-05-07

资助项目:2012 年湖南省研究生科研创新项目(CX2012B210);2012 年度高等学校博士学科点专项科研基金联合资助项目(20124306110009);湖南省重点学科建设项目(2011001);湖南省自然科学基金重点项目(12JJ2026);湖南省教育厅重点项目(09A055);湖南省水利科技重大项目(湘财农指[2007]7 号)

作者简介:胡光伟(1983—),男,河南固始人,博士研究生,研究方向:湖泊水资源与水环境,水旱灾害,水土资源利用。E-mail:huguangwei5188@163.com

通信作者:毛德华(1964—),男,湖南益阳人,博士,教授,主要从事水旱灾害与水土资源利用研究。E-mail:mdh408122@sohu.com

四水,再由城陵矶汇入长江,江湖关系非常复杂(图 1)。近 100 a 来在人类活动和自然的双重作用下,洞庭湖不断萎缩,防洪形势严峻。特别是三峡工程建成运行以来,洞庭湖面临荆江三口新的来水来沙条件,江湖关系更加复杂。前人在长江与洞庭湖的江湖关系有了很多研究成果<sup>[1-7]</sup>,特别是近 10 a 来,许多学者从人类活动(围垦、三峡工程建设等)对洞庭湖的影响方面做了大量探索<sup>[8-18]</sup>。目前对洞庭湖的研究多集中在泥沙淤积计算<sup>[11,14]</sup>、洪涝与防洪、水情<sup>[8,17]</sup>、水环境<sup>[12-13]</sup>及水位<sup>[10,15]</sup>的影响、生态系统服务功能、湿地及水生生物等方面,系统全面研究在自然和人类活动双重影响下湖泊系统对水沙变异的响应,仍是洞庭湖研究中的一个前沿领域。

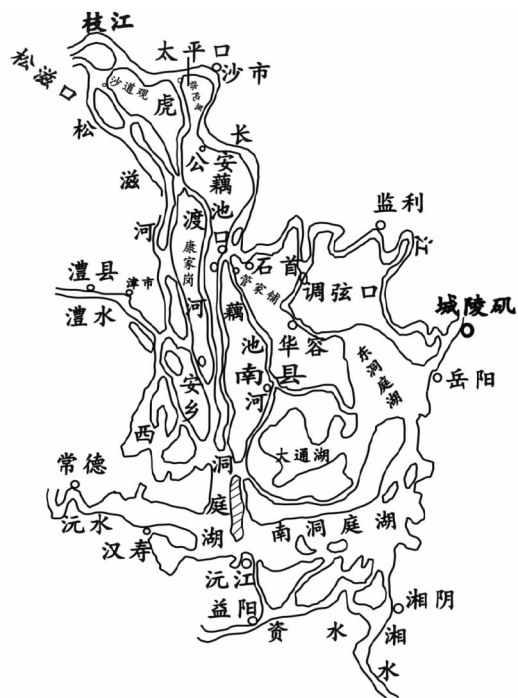


图 1 洞庭湖水系结构

# 1 数据来源及研究方法

系列水沙数据来源于湖南省水文水资源勘测局和《长江泥沙公报 2000—2011》。文中选取洞庭湖湘、资、沅、澧四水、荆江三口和出口城陵矶等主要控制站(湘潭、桃江、桃源、石门、新江口、沙道观、弥陀寺、康家岗、管家铺、城陵矶)1951—2011 年的实测水沙数据作为洞庭湖水沙过程变异分析的基础。基于以上数据,文章主要采用水文描述法、变差系数法、双累积曲线法、数学计量等方法探讨在三峡运行影响下洞庭湖水沙变异特性与规律性,分析人类活动影响下洞庭湖水沙变异响应,以及江湖水沙交互关系。变差系数可以反映一个流域径流泥沙的年内分配不均匀程度, $C_v$  值越大,就表明各月经流量、输沙量相差越

悬殊,表示年径流泥沙的年内丰枯变化剧烈,即年内分配不均匀,反之亦然。其计算公式为:

$$C_v = \sigma / \bar{R} \quad (1)$$

$$\sigma = \sqrt{\sum_{i=1}^n (R_i - \bar{R})^2 / n}; \quad \bar{R} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n R_i \quad (2)$$

$(i=1, 2, \dots, 12)$

## 2 洞庭湖流域水沙特征分析

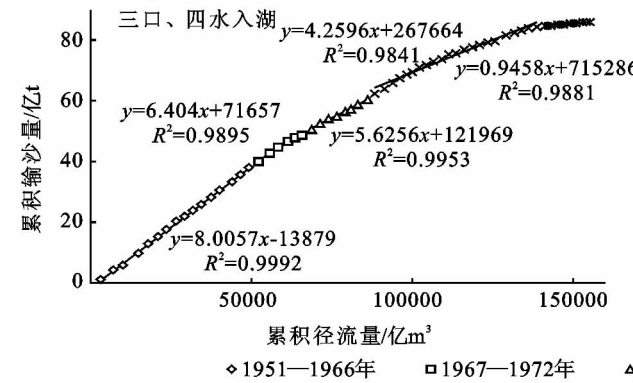
### 2.1 径流、输沙年际变化

洞庭湖水沙主要来自荆江三口、湘资沅澧四水以及湖区区间,水沙组合复杂多变,影响因素众多。根据 1951—2011 年洞庭湖区实测水沙资料,三口、四水多年平均入湖径流量为 2 573 亿  $\text{m}^3/\text{a}$ ,城陵矶出湖多年平均径流量 2 885 亿  $\text{m}^3/\text{a}$ ,其中三口来水 907 亿  $\text{m}^3/\text{a}$ ,占出湖总水量的 31.4%,四水来水 1 666 亿  $\text{m}^3/\text{a}$ ,占出湖总水量的 57.8%,区间补给量为 312 亿  $\text{m}^3/\text{a}$ ,占出湖水量的 10.8%。三口、四水多年平均输沙量为 14 361 万  $\text{t}/\text{a}$ ,其中三口入湖沙量 11 642 万  $\text{t}/\text{a}$ ,占入湖总沙量的 81.1%,四水入湖沙量为 2 720 万  $\text{t}/\text{a}$ ,占入湖总沙量的 18.9%。城陵矶出湖多年平均输沙量 3 890 万  $\text{t}/\text{a}$ ,湖内多年淤积沙量 10 471 万  $\text{t}/\text{a}$ ,淤积率 72.9%。

图 2 为洞庭湖三口、四水入湖和城陵矶出湖年径流量与年输沙量双累积曲线,从图 2 可以看出,入湖和出湖水沙 60 a 以来均已发生明显的变化,洞庭湖水沙关系表现为以泥沙衰减为主要特征的阶段性变化,特别是荆江三口的入湖沙量和城陵矶出湖沙量衰减十分显著。从双累积曲线斜率分析,入湖水沙双累积曲线斜率  $K$  由第一时段的 8.005 7 衰减到第五时段的 0.945 8,衰减率为 88.2%;而出湖水沙双累积曲线斜率  $K$  由第一时段的 1.824 衰减到第五时段的 0.721 9,衰减率为 60.4%;特别要指出的是,第四阶段入湖水沙曲线斜率  $K$  由 4.259 锐减到 0.945 8,说明 2003 年洞庭湖的入湖水沙与三峡投入运行关系密切,而出湖的水沙曲线走势变化并不强烈。可见,长江干流的水利工程对洞庭湖入湖、出湖水沙的影响不同步,入湖泥沙的衰减变化速率远大于出湖泥沙的衰减速率,且入湖水沙的变化受三峡运行的影响比较明显。

三峡蓄水运用前期(1994—2002 年)四水总量为 1 908 亿  $\text{m}^3/\text{a}$ ,三峡蓄水后四水总量为 1 555 亿  $\text{m}^3/\text{a}$ ,衰减率为 18.5%;而三口多年平均水量为 907 亿  $\text{m}^3/\text{a}$ ,三峡蓄水运用前期水量为 616 亿  $\text{m}^3/\text{a}$ ,蓄水后水量为 500 亿  $\text{m}^3/\text{a}$ ,与多年平均值相比,两个时期的水量衰减率分别为 32.1%和 44.9%。下荆江裁弯前后三口和四水入湖水量分别为 886 亿

m<sup>3</sup>/a 和 834 亿 m<sup>3</sup>/a、1 729 亿 m<sup>3</sup>/a 和 1 699 亿 m<sup>3</sup>/a,两者裁弯前后水量变化并不大,可以看出三峡蓄水运行后,三口四水来水量均发生了变化,三口来水量的锐减应该归因于三峡水库的蓄水作用。来沙量方面,三口入湖沙量多年平均值为 11 642 万 t/a,占入湖沙量的 81.1%;下荆江裁弯前 1951—1966 年,三口来沙量 20 236 万 t/a,占入湖沙量的 85.3%,



随着下荆江裁弯的实施,三口来沙量的比例降为 77.6%,至三峡蓄水前三口入湖沙量的比例稳定在 75%~81%。三峡水库蓄水后由于水库的拦沙作用,荆江泥沙量减少,三口入湖泥沙大幅下降,三口在三峡运行期(2003—2010)的来沙量仅为 1 233 万 t/a,占入湖沙量的比例降为 58.6%,比三峡运行前期(1994—2002)平均值衰减 5 141 万 t/a,减少率为 80.7%。

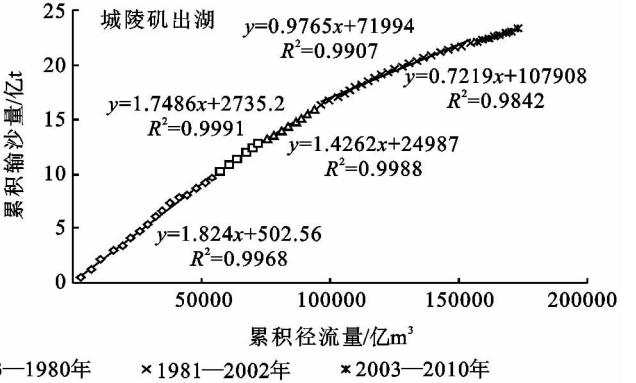


图 2 洞庭湖水沙双累积曲线

2.2 径流、输沙季节变化

湖南省为典型的大陆性亚热带季风气候,4—10 月份全省降水量占全年总降水量的 68%~84%。湖区年降水量 1 100~1 400 mm,4—6 月降雨占年总降水量的 50%以上,汛期(5—10 月)径流量占年均径流量的 75%,洞庭湖水位始涨于 4 月,7—8 月最高,11 月到翌年 3 月为枯水期。三口洪水过程与长江干流一致,峰

型肥胖,历时较长。三口来水来沙年内分配极不均匀,多年平均汛期 5—10 月来水占全年来水总量的 96.81%以上,来沙则占 99.56%以上;而四水峰型尖瘦,历时较短,历年平均汛期来水约占全年的 65%,来沙占全年的 83%。为更直观得出径流、输沙季节变化情况,下面用径流、输沙年内分配不均匀系数(C<sub>v</sub>)来反映径流、输沙年内分配情况,计算结果见表 1。

表 1 1994—2010 年三口、四水、城陵矶径流和输沙年内分配系数

年份	径流量年内分配系数			输沙量年内分配系数		
	三口	四水	城陵矶	三口	四水	城陵矶
1994	3.981	1.806	1.745	5.058	3.154	1.793
1995	4.314	2.338	2.147	5.147	5.962	1.519
1996	4.669	2.947	2.903	6.057	7.251	2.383
1997	5.171	1.486	1.672	7.316	2.950	1.607
1998	5.355	2.281	2.253	6.155	4.569	2.558
1999	4.743	2.739	2.948	5.926	4.714	2.494
2000	4.198	1.868	1.563	5.201	4.281	1.653
2001	3.939	2.200	1.598	4.914	5.537	1.666
2002	4.722	2.181	2.244	6.611	3.913	1.786
2003	4.674	2.572	2.034	6.366	6.542	2.348
2004	3.860	2.472	2.248	7.727	5.825	2.433
2005	4.100	2.600	1.851	6.326	5.800	2.619
2006	4.893	2.088	2.010	10.032	5.748	2.410
2007	4.603	1.853	2.148	5.968	4.837	2.051
2008	3.957	1.655	1.718	6.595	4.233	2.184
2009	4.942	2.249	2.101	8.389	4.019	2.603
2010	4.788	2.732	2.225	7.193	4.860	3.271

根据表 1 的计算结果可以看出,洞庭湖区的进出湖水沙年内分配是不均匀的,无论是径流量变差系数

还是输沙量变差系数的变化都呈现出不平衡的规律。荆江三口 4 个代表水文站 1994—2010 年的径流量 C<sub>v</sub>

值整体上无明显变化趋势,其中 1997 年和 1998 年的年内径流分配极不平衡,2010 年与 1990s 相比,系数增大,表明年内分配没有之前的均匀;三口输沙  $C_v$  值的整体趋势是由小到大呈递增变化, $C_v$  值则从 1994 年的 5.058 增加到 2010 年的 7.193,其中 2006 年的不均匀系数最大,这与当年的三峡水库下闸蓄水运用有关。湖南四水径流量的季节变化不明显,而输沙量的变化较强烈,其中在 1996 年和 2003 年的变差系数最大,分别为 7.251 和 6.542,表明输沙量的季节变化较径流量的变化要大。从城陵矶的径流和输沙  $C_v$  值来看,整体上均呈现出增大趋势,尤其以输沙量的季节变化较为强烈,特别是从 2003 年之后,城陵矶的输沙量季节变化就呈增大趋势,这主要是三峡季节性调度运用的结果。各站各时段年内分配不均匀,三口径流  $C_v$  值最大发生在 1998 年为 5.355,最小值发生在 2004 年为 3.360,而输沙量变化比较明显,输沙  $C_v$  值最大发生在 2006 年,为 10.032,最小发生在 2001 年,为 4.914。

### 3 洞庭湖水沙过程对三峡工程运行的响应

2003 年 6 月 1 日三峡工程正式下闸蓄水,开始按 135~139 m 调度运行,根据数据资料统计,它对长江年径流量的影响不显著,但是人为的水库调度因素对长江流量的季节变化有很明显的影响,也因此影响洞庭湖水位、水量及输沙的季节变化。

#### 3.1 对洞庭湖出口城陵矶水位的影响分析

自 2003 年三峡蓄水以来,洞庭湖水位较多年平均值持续偏低,2006 年和 2009 年均出现了罕见的秋旱,给洞庭湖生态环境带来了一定的影响<sup>[17,19]</sup>。黄群<sup>[20]</sup>等认为三峡蓄水对洞庭湖水位产生了较大的影响,2006 年蓄水使城陵矶水位下降 2.03 m,最大降幅 3.3 m,2009 年蓄水使城陵矶水位下降 2.11 m,最大降幅 3.12 m。

根据城陵矶实测水位资料统计,在三峡工程运行前城陵矶年平均最高水位为 26.86 m,三峡运行期最高水位 25.65 m,受三峡工程蓄水影响,城陵矶前后

水位降低了 1.21 m。由城陵矶历年逐月平均水位数据可知(图 3),2005 年和 2010 年作为三峡运行后典型的丰水年,城陵矶水位与多年(1994—2002)平均值相比分别升高了 0.17 m 和 0.02 m;其他各年份水位均呈下降趋势,与多年平均值相比分别下降 0.02, 0.57,1.58,0.89,0.36,0.94 m。与多年逐月平均值对比得出,三峡运行后逐月平均水位波动幅度较大的集中在 4—5 月、7—10 月、11 月、次年 1 月 4 个时段,这与三峡水库调度运用方式的时间基本吻合。因此,三峡水库的运行对洞庭湖城陵矶水位的影响程度及时间与三峡水库的下泄水量的大小、三口入湖水量的丰欠和三峡的调度方式有很密切的关系。

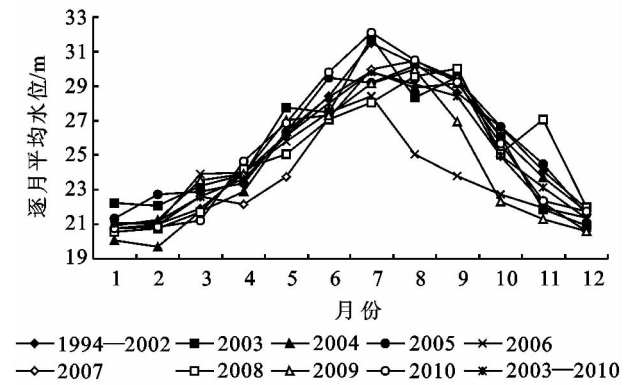


图3 城陵矶历年逐月平均水位

#### 3.2 对荆江三口入湖水量的影响

3.2.1 三口分流量的变化 荆江三口分流分沙的衰减是洞庭湖水沙变化的直接原因。随着下荆江裁弯、葛洲坝兴建和三峡水库的蓄水运行,由三口进入洞庭湖的径流量呈现递减变化趋势。三峡工程运行前,三口分流总量为 885 亿  $m^3/a$ ,而三峡水库运行期 2003—2011 年,由三口进入洞庭湖的径流量已不足 500 亿  $m^3/a$ ,缩减幅度达 43.5%;荆江三口的总分流比由下荆江裁弯前的 30.9%下降为三峡运行初期的 12.6%(表 2)。其中,藕池口在三口分流量和分流比中衰减速度最快,1956—1966 年其多年平均分流量为 637 亿  $m^3/a$ ,2003—2011 年其多年平均分流量仅为 112 亿  $m^3/a$ ,减小幅度达 82.4%;相应的分流比则由 14.5%下降为 2.8%。

表2 宜昌站、荆江三口分时段径流量、分流比统计

统计时段	宜昌径			松滋口			太平口			藕池口			三口合计	
	流量/亿 m <sup>3</sup>	径流量/亿 m <sup>3</sup>	分流比/%	径流量/亿 m <sup>3</sup>	径流量/亿 m <sup>3</sup>	分流比/%	径流量/亿 m <sup>3</sup>	径流量/亿 m <sup>3</sup>	分流比/%	径流量/亿 m <sup>3</sup>	径流量/亿 m <sup>3</sup>	分流比/%	径流量/亿 m <sup>3</sup>	分流比/%
1956—1966	4404	487	11.1	205	4.7		637	14.5		1359			30.9	
1967—1972 年	4164	445	10.7	186	4.5		390	9.4		886			21.3	
1973—1980 年	4301	428	9.9	160	3.7		247	5.7		834			19.4	
1981—1993 年	4414	395	8.9	139	3.2		201	4.6		731			16.6	
1994—2002 年	4268	336	7.9	123	2.9		158	3.7		616			14.4	
2003—2011 年	3967	294	7.4	95	2.4		112	2.8		500			12.6	

根据长江科学院的研究成果显示,三峡水库的清水下泄导致长江中下游河床冲刷后,长江沿程同流量下的水位下降,以流量  $20\,000\text{ m}^3/\text{s}$  和  $30\,000\text{ m}^3/\text{s}$  为例,宜昌、沙市、石首的水位将分别下降  $0.91\text{ m}$  和  $0.79\text{ m}$ ,  $1.82\text{ m}$  和  $1.55\text{ m}$ ,  $2.45\text{ m}$  和  $2.03\text{ m}$ 。从而进一步导致三口分流大幅度衰减。长江科学院预测三峡运行 40 年后,由于同流量下水位的下降,长江出现  $20\,000\text{ m}^3/\text{s}$  和  $30\,000\text{ m}^3/\text{s}$  流量时,进入虎渡河、藕池河的流量分别减少至  $250\text{ m}^3/\text{s}$  和  $780\text{ m}^3/\text{s}$ ,  $320\text{ m}^3/\text{s}$  和  $820\text{ m}^3/\text{s}$ 。

**3.2.2 三口断流天数的变化** 三峡工程运行后三口断流发生了不同程度的变化,主要表现为通流时间推迟、断流时间提前及断流持续时间延长等。长期以来,荆江三口洪道及三口口门河段泥沙逐年淤积萎缩,致使枯水期除松滋口的新江口常年保持少量分流进入洞庭湖外,其他口门(沙道观、管家铺、康家岗、弥陀寺)连年断流(图 4),且三口断流天数呈增加趋势,近年来三口断流时间每年都保持在 5~6 个月,康家岗站每年断流时间长达 8 个月。据 2003—2011 年数据统计,沙道观、弥陀寺、管家铺和康家岗年平均断流天数已分别达到 205, 147, 180, 260 d, 与三峡运行前(1994—2002 年)多年平均值相比,沙道观和康家岗断流天数分别增加 14 d 和 7 d。其中,2006 年受长江上游降水量偏少、三峡蓄水等综合因素影响,三口入湖断流天数显著增加,沙道观、弥陀寺、管家铺、康家岗断流天数分别达到 269, 206, 235, 336 d。断流时间主要出现在 1—4 月、11—12 月等枯水月份,这一时段与三峡工程调节补水运行期相吻合。因此,根据枯水季节的长短变化,优化三峡水库补水调度方案,在保障水库枯水期发电、航运及灌溉需求的同时,适时加大水库下泄流量或提前预泄,以此来增加宜昌一枝城段河道径流量,保证洞庭湖区的工农业生产及生活用水安全。

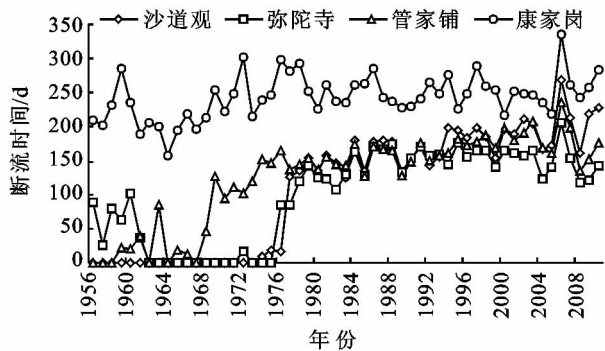


图4 荆江三口各站断流天数变化

### 3.3 对荆江三口及洞庭湖冲淤变化的影响

#### 3.3.1 洞庭湖的冲淤变化 从 1951—2011 年的泥

沙统计数据 and 洞庭湖泥沙沉积量过程曲线(图 5)可以看出,受三峡工程拦蓄水沙作用的影响,荆江三口分沙量明显萎缩,洞庭湖的泥沙沉积量表现出明显的衰减趋势,泥沙沉积量已由三峡运行前(1951—2002 年)的  $124\,39\text{ 万 t/a}$  降至三峡运行期的  $426\text{ 万 t/a}$ ,泥沙淤积减少幅度达  $96.6\%$ ;泥沙沉积率由三峡运行前的  $73.4\%$  降为三峡运行期的  $20.2\%$ 。2007 年出湖沙量为  $1\,520\text{ 万 t}$ ,三口四水来沙量为  $1\,188\text{ 万 t}$ ,如果考虑区间来沙量,2006 年洞庭湖达到了冲淤平衡状态,除 2007 年稍有淤积外,2008—2011 年洞庭湖均呈现冲刷状态。从图 5 可以看出,洞庭湖的淤积量在逐年减少,特别是三峡工程运行后减少幅度有增大趋势,而且在 2006 年表现出突变现象。荆江三口年均入湖沙量由 1956—1966 年、1996—2002 年的  $19\,590\text{ 万 t}$ ,  $6\,960\text{ 万 t}$  减少至 2003—2011 年的  $426\text{ 万 t}$ ,减小幅度分别为  $97.83\%$  和  $93.88\%$ 。在未考虑区间来沙情况下,三峡运行 8 a 来,洞庭湖年平均入湖沙量为  $2\,106\text{ 万 t}$ ,为多年平均入湖沙量  $13\,266\text{ 万 t}$  的  $15.9\%$ ;2003—2011 年洞庭湖的累计泥沙淤积量仅为  $3\,411\text{ 万 t}$ ,较 1994—2002 年累计淤积沙量  $52\,325\text{ 万 t}$  减少了  $48\,914\text{ 万 t}$ ,减少幅度达  $93.5\%$ 。

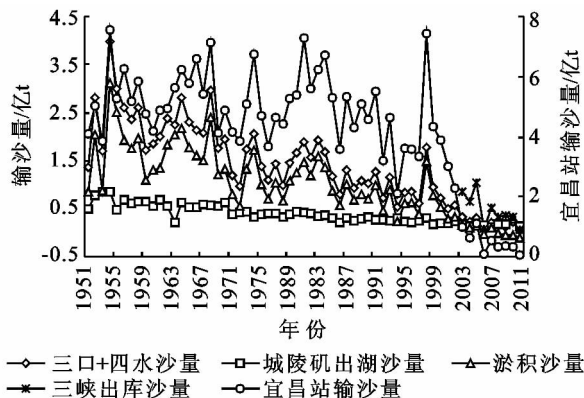


图5 1951—2011 年洞庭湖泥沙沉积量过程线

**3.3.2 三口分流道的冲淤变化** 根据卢金友<sup>[1]</sup>、罗敏逊<sup>[3]</sup>、彭玉明<sup>[21]</sup>等人的研究,自 1952 年以来,荆江三口一直处于冲淤状态。据 1952—1995 年数据资料,三口分流道泥沙淤积总量为  $26\,480\text{ 万 m}^3$ ,年淤积量  $601.8\text{ 万 m}^3$ ,其中松滋河总淤积量为  $5\,847\text{ 万 m}^3$ ,按照河长  $289.3\text{ km}$  计算,平均淤积面积为  $203\text{ m}^2$ ,年平均淤积  $137\text{ 万 m}^3$ ;虎渡河(河长  $131.7\text{ km}$ )总淤积  $3\,779\text{ 万 m}^3$ ,平均淤积面积  $287\text{ m}^2$ ,年均淤积  $87.9\text{ 万 m}^3$ ;藕池河(河长  $306.1\text{ km}$ )总淤积  $16\,854\text{ 万 m}^3$ ,平均淤积面积  $551\text{ m}^2$ ,年均淤积  $392\text{ 万 m}^3$ ,三河底高程平均淤高分别为  $0.63, 1.176, 1.84\text{ m}$ 。

根据 1952 年、1995 年和 2003 年三口分流道  $1:5\,000$  水道地形图资料量算,1995—2003 年三口洪

道总淤积泥沙 4 771 万  $\text{m}^3$ , 年均淤积量 597 万  $\text{m}^3$ , 其中松滋河淤积 348 万  $\text{m}^3$ , 虎渡河淤积 1 317 万  $\text{m}^3$ , 藕池河淤积 3 106 万  $\text{m}^3$ 。与 1952—1995 年年均淤积量数据对比, 三口洪道的年均淤积速率明显加快。松滋河淤积沙量占同期总输沙量比例分别为 3.5% 和 1.6% (泥沙干容重取 1.3  $\text{t}/\text{m}^3$ ); 虎渡河淤积沙量占弥陀寺同期输沙总量的比例为 5.6% 和 16.8%; 藕池河淤积量约占同期总输沙量的比例为 7.0% 和 22.2%。可见, 荆江三口淤积速率呈明显上升趋势, 藕池河淤积最为严重, 其次是虎渡河。

1990 年以来, 长江上游输沙量就明显减少, 宜昌站 2010 年比 1990 年输沙量减少了 92.84%, 而 1990 年比 1950 年输沙量增加了 13.37%。三峡水库与 2003 年 6 月 1 日蓄水后, 总入库泥沙量为 15.801 亿  $\text{t}$ , 总出库 (黄陵庙站) 泥沙量为 4.115 亿  $\text{t}$ , 平均排沙比为 25%, 即三峡水库拦截了入库泥沙总量的 75%。这就导致了三峡坝下清水下泄, 下游河段河流含沙量减小, 河流处于非饱和状态, 使下游河道冲刷进一步加剧。据资料统计, 三峡蓄水前 1966—1998 年宜昌至城陵矶总冲淤量为 49 222 万  $\text{m}^3$ , 年均冲刷量 1 490 万  $\text{m}^3$ ; 而 2002—2008 年总冲刷量 46 727 万  $\text{m}^3$ , 年均冲刷量达到 7 790 万  $\text{m}^3$ , 年冲刷量增加了 422.82%。

三峡水库蓄水运行, 长江中下游将出现长距离的冲刷, 河床下切, 河流含沙量减小。根据长江科学院研究预测的分析成果, 当三峡蓄水运行 40 a 后, 宜昌—松滋口泥沙将冲刷 9 800 万  $\text{t}$ , 松滋口—太平口泥沙冲刷量将达到 19 300 万  $\text{t}$ , 太平口—藕池口泥沙冲刷量为 51 800 万  $\text{t}$ , 藕池口—城陵矶泥沙冲刷量达 170 100 万  $\text{t}$ ; 并预测虎渡河、藕池河洪道内还将分别淤积泥沙 2 020 万  $\text{t}$  和 4 550 万  $\text{t}$ , 将导致河道通流面积进一步缩小, 这样, 藕池河、虎渡河将很快走向衰亡的境地。

## 4 结论与展望

依据洞庭湖区现有水文泥沙等最新观测资料, 分析了洞庭湖区水沙变异特征和江湖水沙交互关系, 探讨了三峡工程运行后洞庭湖区水沙条件变化及其对江湖关系、水情响应、冲淤变化等的影响, 得出以下主要结论: (1) 从年际和代际尺度上看, 长江上游降水量减少和三峡工程建设等人类活动是影响洞庭湖水沙变异的主要因素; (2) 洞庭湖流域外界环境的变化导致了三口分流分沙的锐减, 并呈现三口口门趋于淤积的状态, 藕池河和虎渡河逐渐走向衰亡; (3) 从洞庭湖泥沙沉积量过程线来看, 2003—2011 年洞庭湖

的累计泥沙淤积量仅为 3 411 万  $\text{t}$ , 比多年平均值减少 93.5%。

洞庭湖是长江中下游重要的调蓄型湖泊, 对分泄荆江洪水和保障下游径流供给都有着十分显著的作用。新中国成立以来, 长江中游河段经历了调弦口堵口、下荆江裁弯取直、葛洲坝和三峡水库建成发电等; 湖南省湘、资、沅、澧四水流域包括柘溪水库、五强溪等干流骨干性工程在内的 13 000 多座各种水利和水土保持工程。受自然和人为因素影响, 江湖关系发生了多次调整过程, 三口分流分沙及洞庭湖容积、面积均有大幅度的减小。洞庭湖治理的关键是治沙, 水沙变化的不确定性始终是洞庭湖面临的重大风险, 这与洞庭湖治理措施缺乏基础理论支撑有着重要关系。目前, 对洞庭湖与长江水沙交互关系, 尤其是三口分流分沙与工程措施的关系上认识还不够成熟; 在洞庭湖泥沙淤积机理和缓淤措施研究方面还未形成科学理论; 在灾害防治上, 未建立起洞庭湖孕灾环境的变异性与灾害危险性评价体系以及有效科学的洞庭湖灾害综合防治体系。本文利用洞庭湖区现有的水文泥沙实测数据资料, 重点关注三峡工程蓄水对洞庭湖水沙过程演变影响, 在丰富洞庭湖区综合整治政策研究、探索洞庭湖区的水沙变异影响机理研究等方面具有一定的理论价值。

三峡水库的投入运行对洞庭湖水沙影响的研究是一项长期的系统工程, 由于缺少三峡水库历年水沙过程数据和洞庭湖湖底地形图资料, 对三峡运行和洞庭湖水沙变异的耦合研究以及洞庭湖冲淤变化的研究只涉及到数量方面的统计, 下一步将在资料完整的情况下开展空间的耦合研究。

### 参考文献:

- [1] 卢金友. 荆江三口分流分沙变化规律研究[J]. 泥沙研究, 1996(4): 54-61.
- [2] 李学山, 王翠平. 荆江与洞庭湖水沙关系演变及对城陵河段水情影响分析[J]. 人民长江, 1997, 28(8): 6-8.
- [3] 罗敏逊, 卢金友. 荆江与洞庭湖汇流区演变分析[J]. 长江科学院院报, 1998, 15(3): 11-16.
- [4] 卢金友, 罗恒凯. 长江与洞庭湖关系变化初步分析[J]. 人民长江, 1999, 30(4): 24-26.
- [5] 卢承志. 洞庭湖治理与江湖关系[J]. 湖南水利水电, 2001(1): 13-15.
- [6] 吴作平, 杨国录, 甘明辉. 荆江—洞庭湖水沙关系及调整[J]. 武汉大学学报: 工学版, 2002, 35(3): 5-8.
- [7] 卢承志. 江湖关系的现状与问题[J]. 湖南水利水电, 2005(6): 22-25.

态风险的防护与治理,应重点监测三峡库区腹心地带,此区域生态环境脆弱,在面临风险压力时,所表征的状态与响应都极为强烈,应严格控制生态风险压力的力度和强度,保护生态环境。而重庆主城九区与长寿,生态环境自身对污染的降解能力以及环境修复能力较强,不合理的土地利用对生态环境造成的风险相对较弱。

## 5 结论

(1) 三峡库区重庆段土地利用生态风险以中度风险和较低风险为主。其中,低风险、较低风险区域共占总面积的36.58%,中度风险占总面积的31.56%,高风险和较高风险面积分别为4 126.25 km<sup>2</sup>和10 550.33 km<sup>2</sup>,占评价面积的8.96%和22.9%。

(2) 三峡库区重庆段土地利用生态风险在空间上的分布具有由东北到西南逐渐减轻的趋势。其中高风险与较高风险位于渝东地区,低风险位于三峡库区重庆段西北部。

(3) 三峡库区腹心地带土地利用生态风险应予以高度关注。区域生态风险压力低,但生态风险响应值偏高,应注重生态环境维护和土地集约利用,从源头控制,保护生态环境。而重庆主城九区与长寿,生态环境自身对污染的降解能力以及环境修复能力较强,不合理的土地利用对生态环境造成的风险相对较弱。

### 参考文献:

[1] 臧淑英,梁欣,张思冲.基于GIS的大庆市土地利用生态

(上接第175页)

- [8] 李景保,刘晓清.荆江裁弯与葛洲坝兴建对洞庭湖水情的影响[J].湖南师范大学自然科学学报,1993,16(4):362-368.
- [9] 林承坤,高锡珍.水利工程修建后洞庭湖径流与泥沙的变化[J].湖泊科学,1994,6(1):33-39.
- [10] 姜加虎,黄群.三峡工程对洞庭湖水水位影响研究[J].长江流域资源与环境,1996,5(4):367-374.
- [11] 秦文凯,府仁寿,王崇浩,等.三峡建坝前后洞庭湖的淤积[J].清华大学学报:自然科学版,1998,38(1):84-67.
- [12] 卢宏伟,曾光明,张硕辅.三峡工程的运行对洞庭湖水环境的影响[J].环境工程,2004,22(1):61-64.
- [13] 陈绍金.浅析三峡工程建成后对洞庭湖水环境的影响[J].水资源保护,2004,20(5):33-37.
- [14] 卢金友,黄悦,宫平.三峡工程运用后长江中下游冲淤变化[J].人民长江,2006,37(9):55-57,87.
- [15] 洪林,董磊华,李文哲.三峡工程建库后对洞庭湖水水位、

风险分析[J].自然灾害学报,2005,14(4):141-145.

- [2] 史培军,潘耀忠.深圳市土地利用/覆盖变化与生态环境安全分析[J].自然资源学报,1999,14(4):293-299.
- [3] 袁艺,史培军.快速城市化过程中土地覆盖格局研究:以深圳市为例[J].生态学报,2003,23(9):1832-1840.
- [4] 刘勇,张红,尹京苑.基于土地利用变化的太原市土地利用生态风险评价研究[J].中国土地科学,2009,23(1):52-61.
- [5] 孙洪波,杨桂山,苏伟忠,等.沿江地区土地利用生态风险评价:以长江三角洲南京地区为例[J].生态学报,2010,30(20):5616-5625.
- [6] 任志远,张艳芳.土地利用变化与生态安全分析[M].北京:科学出版社,2003.
- [7] 王恒伟,廖和平,赵宏伟,等.基于PSR的区域生态安全评价:以重庆市渝北区为例[J].西南师范大学学报:自然科学版,2010,35(2):211-217.
- [8] 左伟,王桥.区域生态安全评价指标与标准研究[J].地理学与国土研究,2002,18(1):61-67.
- [9] 杨京平,卢剑波.生态安全的系统分析[M].北京:北京化学工业出版社,2002.
- [10] 申艳萍,魏贵臣.许昌市生态安全评价系统的研究[J].许昌学院报,2008(3):120-124.
- [11] 赵莹雪,郑海燕.滨海旅游地生态安全评价体系初探[J].商业时代,2008(28):101-102.
- [12] 苏凯,张军以,苏维词,等.基于PSR模型的石漠化风险评价指标研究[J].重庆师范大学学报:自然科学版,2011,28(1):71-75.
- [13] 刘晓,苏维词,王铮,等.基于RRM模型的三峡库区重庆开县消落区土地利用生态风险评价[J].环境科学学报,2012,32(1):248-256.
- [14] 泥沙和水质的影响分析[J].中国水利,2007(6):13-14.
- [16] 李义天,郭小虎,唐金武,等.三峡建库后荆江三口分流的变化[J].应用基础与工程科学学报,2009,17(1):21-31.
- [17] 李景保,常疆,吕殿青,等.三峡水库运行初期荆江与洞庭湖区的水文效应[J].地理学报,2009,64(11):1342-1352.
- [18] 郭小虎,韩向东,朱勇辉,等.三峡水库的调蓄作用对荆江三口分流的影响[J].水电能源科学,2010,28(11):48-51.
- [19] 谢永宏,陈心胜.三峡工程对洞庭湖湿地植被演替的影响[J].农业现代化研究,2008,29(6):684-687.
- [20] 黄群,孙占东,姜加虎.三峡水库运行对洞庭湖水水位影响分析[J].湖泊科学,2011,23(3):424-428.
- [21] 彭玉明,段文忠,陈永华.荆江三口变化及治理设想[J].泥沙研究,2007(6):59-65.