洞庭湖和鄱阳湖泥沙冲淤特征及三峡水库对其影响

朱玲玲,陈剑池,袁 晶,董炳江

(长江水利委员会水文局,湖北 武汉 430010)

摘要:长江中游江湖关系复杂,分布有中国第一、二大淡水湖泊,江湖关系演变对防洪、生态等影响重大。通过分 析反应长江中游洞庭湖和鄱阳湖泥沙冲淤的实测水沙和地形资料,初步掌握了湖区泥沙冲淤特征及主要影响因素, 并着重探讨了三峡水库蓄水对两湖泥沙冲淤的影响。结果表明,近10年洞庭湖和鄱阳湖湖区泥沙淤积速度明显减 缓,部分年份出现冲刷,其中洞庭湖湖区泥沙沉积率下降主要由来沙减少引起,三峡水库拦沙作用的影响明显; 鄱阳湖区冲刷主要集中在人江水道,采砂活动影响显著,三峡水库蓄水影响尚不明显。

关键词: 泥沙冲淤; 人类活动; 三峡水库; 洞庭湖; 鄱阳湖 中图分类号: TV 147 文献标志码: A 文章编号: 1001-6791(2014)03-0348-10

三峡水库蓄水后,坝下游水文泥沙情势显著调整,尤其是沙量的大幅减少使得长江中游两大通江湖泊 (洞庭湖和鄱阳湖)泥沙冲淤总量及分布特征相应出现一定变化,由此造成江湖泥沙冲淤格局的调整,使得 江湖关系发生变化。针对三峡水库蓄水对长江中游两湖影响这一问题,以往研究成果众多,在水文泥沙情 势、泥沙冲淤和生态环境等方面均取得了重要认识^[15]。由于两湖地区水域组成极为庞大复杂,实测的地形 资料难以获取,已有关于两湖泥沙冲淤的分析多是基于进出湖控制水文站的水沙输移关系的对比,或是用遥 感影像资料中洲滩面积等特征形态的变化来进行间接描述,对于湖区泥沙冲淤分布的反应尚不够全面,尤其 缺少三峡水库蓄水前后两湖地区泥沙冲淤分布的对比研究,难以充分体现三峡水库蓄水后对两湖泥沙冲淤的 实际影响。

本文在收集两湖地区近年实测地形资料的基础上,综合泥沙冲淤总量及分布两大方面,对比分析了三峡 水库蓄水前后两湖泥沙冲淤变化,并通过对湖区历史泥沙冲淤情况的梳理,提取了不同时期影响两湖泥沙冲 淤的主要因素。在详细考量三峡水库蓄水后两湖水沙情势变化的基础上,研究了三峡水库蓄水对两湖泥沙冲 淤的影响,有助于进一步深入研究三峡水库蓄水对长江中游江湖关系的影响程度。

1 数据源及研究方法

本文所用数据为长江中游及两湖流域主要水文站、水位站 1950—2012 年年径流量、输沙量、水位实测 资料系列;洞庭湖湖区采用 1995 年、2003 年、2011 年实测 1:10 000 地形,鄱阳湖湖区采用 1998 年、2010 年实测 1:10 000 地形资料,资料来源于长江水利委员会水文局和江西水文局。

本文主要采用水文学、数理统计学相结合的分析方法,同时考虑到三峡水库蓄水运用后对长江中游两湖 泥沙冲淤变化带来的影响,重点对三峡水库蓄水运用前(1950—2002年)、后(2003—2012年)长江中游及 两湖地区水沙变化进行对比分析,对于洞庭湖、鄱阳湖而言,采用输沙量法计算湖区淤积量,采用实测地形 对比分析湖区泥沙冲淤分布特征。

收稿日期: 2013-10-24; 网络出版时间: 2014-04-10

网络出版地址: http://www.cnki.net/kcms/detail/32.1309. P. 20140410.0953.019. html

- **基金项目**:国家重点基础研究发展计划(973 计划)资助项目(2012CB417001);水利部公益性行业科研专项经费资助项目 (201401021)
- **作者简介:**朱玲玲(1984—),女,江西鄱阳人,工程师,博士,主要从事水力学及河流动力学研究。 E-mail: zhull1012@ foxmail. com

2 两湖泥沙冲淤特征及影响因素研究

2.1 洞庭湖泥沙冲淤特征及影响因素

2.1.1 三峡水库蓄水前后湖区泥沙冲淤特征

洞庭湖位于长江南岸,西面和南面纳湖南湘、资、沅、澧"四水",东面有汨罗江和新墙河入湖,北面 有松滋、太平、藕池、调弦(于1959年建闸封堵)等"四口"分泄长江水流,并经城陵矶再次汇入长江,江 湖关系十分复杂。洞庭湖泥沙来自于荆江三口和湖南四水,其中荆江三口1956—2012年多年平均入湖沙量 占总入湖沙量的80.7%,三口分沙是洞庭湖泥沙主要来源。自长江干流下荆江裁弯工程实施至三峡水库蓄水 前,三口分入洞庭湖的泥沙总量逐年减少,使得洞庭湖入湖总沙量趋于减少,湖区淤积总量也随之减少,但 各年淤积量占入湖沙量的比例,即泥沙沉积率在42.6%(1994年)~84.0%(1974年)之间波动(图1),综合 长系列和时段平均值来看,湖区泥沙沉积率无明显增大或减小的趋势,典型时段均值始终保持在71%左右 (表1)。三峡水库蓄水后,洞庭湖入湖沙量大幅减小,相较于三峡水库蓄水前1996—2002年均值,2003— 2012年荆江三口、湖南四水入湖沙量分别减少83.8%和46.7%,受此影响,湖区泥沙淤积量和沉积率都呈 明显减小趋势,其中泥沙沉积总量减少96.4%,泥沙沉积率下降为11.5%。尤其是2006年、2008—2012 年,入湖沙量明显少于出湖沙量,特别是2011年,入湖沙量为0.0350亿t,而出湖沙量达0.143亿t,湖区 泥沙冲刷0.108亿t(表1)。

以往众多研究均认为洞庭湖区遵循"高水淤积,低水冲刷"的变化规律^[6-7]。一方面,高水期入湖沙量显 著偏大,从多年平均情况来看(1956—2012年),汛期6~9月荆江三口输沙量占全年总量的90.6%;另一方 面,高水期洞庭湖出口城陵矶水位较高,干流顶托作用下,湖区水面比降减小,流速减缓,泥沙易于落淤。至 枯水期,入湖沙量大幅减少,同时城陵矶顶托作用减弱,湖区水面比降增大,流速增大,泥沙进入冲刷状态。



Fig. 1 Incoming and outputting sediment, the amount and rate of deposition in Dongting Lake since 1956

表1 洞庭湖湖区年均来水	来沙量统计
--------------	-------

Table 1	Annual incoming	flow and	sediment of	Dongting	Lake in	different	stages
---------	-----------------	----------	-------------	----------	---------	-----------	--------

在份	入湖水量/亿 m ³		中湖水景//7 m ³	入湖沙	量/万 t	虫湖沙量/万 ↔	淤和昰/万+	沉和玄/%	
÷.,	三口	四水	山砌水重/ 亿 m	三口	四水	山讷ひ里/ Л1	版小型/기1	00000	
1956—1966	1 332	1 524	3 126	19 600	2 920	5 960	16 600	73.5	
1967—1972	1 022	1 729	2 982	14 200	4 080	5 250	13 000	71.3	
1973—1980	834.0	1 699	2 789	11 100	3 650	3 840	10 900	73.9	
1981—1988	772.0	1 545	2 579	11 600	2 440	3 270	10 700	76.7	
1989—1995	615.0	1 778	2 698	7 040	2 330	2 760	6 610	70.5	
1996—2002	657.0	1 874	2 958	6 960	1 580	2 250	6 290	73.7	
2003—2012	493.0	1 523	2 292	1 1 3 0	842	1 740	226	11.5	
1956-2012	833.0	1 647	2 767	10 400	2 480	3 620	9 230	71.8	

依据长江水利委员会水文局 1995 年、2003 年和 2011 年的洞庭湖区实测地形资料,对比三峡水库蓄水前 后 9 年,从洞庭湖湖区泥沙冲淤分布情况来看(图 2),三峡水库蓄水前 1995—2003 年,洞庭湖以淤积为主, 包括西洞庭湖的目平湖、南洞庭湖杨柳潭以东及东洞庭湖均处于淤积状态,其中东洞庭湖泥沙淤积幅度最 大,最大淤积厚度达到 3 m 以上,整个湖区的泥沙平均淤积厚度约为 3.7 cm;三峡水库蓄水后 2003—2011 年,洞庭湖湖区由淤转冲,与蓄水前形成鲜明对比,少量淤积主要发生在南洞庭湖西部和东洞庭湖的南部, 湖区的泥沙平均冲刷深度约为 10.9 cm,其中东洞庭湖泥沙平均冲刷厚度最大,约 19 cm。



图 2 三峡水库蓄水前后 9 年洞庭湖湖区冲淤分布



2.1.2 湖区泥沙冲淤影响因素分析

从1956年至今洞庭湖入湖泥沙总量与湖区泥沙沉积总量的关系来看(图3),湖区泥沙冲淤量的大小主要取决于来沙量的大小,两者存在良好的正相关关系,可见,影响洞庭湖湖区泥沙冲淤的主要因素仍然是入湖沙量,这一关系三峡水库蓄水前后没有发生改变。从入湖沙量的两大组成部分来看,一方面三峡水库蓄水后,尽管荆江三口入湖沙量占总量比例有所减小,2003—2012年均值约53.8%,仍然在一半以上,未来一段时间内,随着长江上游一系列大型水利枢纽的建成,长江上游沙量将进一步减小,而荆江三口含沙量与长江干流含沙量密切相关(图4),荆江三口分流能力基本不会超过当前水平,甚至可能会继续减小^[8],荆江三口分沙量也将随之减小;另一方面湖南四水干流水库(水电站)的建成运用,水库拦沙作用下,输入洞庭湖沙量也将有所减小,近10年四水入湖沙量均值已经较多年平均情况下降了66%。综合两个部分的变化趋势,可以预计,洞庭湖湖区泥沙淤积将有所减缓。另外,根据湖南省最新的洞庭湖区采砂规划报告,湖区年度控制开采量为2820万m³,约7.5万t,也会减少湖区局部区域的淤积。



2.2 鄱阳湖泥沙冲淤特征及影响因素

2.2.1 三峡水库蓄水前后湖区泥沙冲淤特征

都阳湖流域处于长江中下游右岸,是中国目前最大淡水湖泊,它承纳赣江、抚河、信江、饶河和修水等 五大河及博阳河、漳田河和潼津河等支流来水,经调蓄后由湖口注入长江,是一个过水型、吞吐型、季节性 的湖泊。鄱阳湖水系泥沙主要来自"五河",且绝大部分来自赣江,其他诸河所占比例较小。1957—2012 年 年均入湖沙量 1 260 万 t,年均出湖(湖口站)沙量 991 万 t,若不考虑"五河"控制水文站以下水网区入湖沙 量,湖区年均淤积泥沙 273 万 t,占总入湖沙量的 21.6%。其中三峡水库蓄水前,"五河"年均入湖泥沙 1 420万 t,出湖悬移质泥沙 946 万 t,不考虑"五河"控制水文站以下水网区入湖沙量,则湖区年均淤积泥 沙 469 万 t,占入湖沙量的 33.1%;三峡水库蓄水后,2003—2012 年"五河"年均入湖泥沙 576 万 t,出湖 悬移质泥沙明显增多,达到 1 240 万 t(表 2)。出湖沙量显著偏大主要与入江水道大规模采砂有关^[1],采砂活 动对床沙的扰动作用,会造成局部含沙量异常偏大。

体计叶界	年均径流量	 走/亿 m ³	年均输沙量/万 t			
北川时权 -	"五河"之和	湖口	"五河"之和	湖口		
1957—2002	1 102	1 482	1 420	946		
2003	890.4	1 404	514	(1760)		
2004	650.4	927.9	299	(1370)		
2005	1 089	1 465	670	(1550)		
2006	1 193	1 564	721	(1410)		
2007	749.6	1 013	286	(1230)		
2008	920. 4	1 292	386	731		
2009	722. 3	1 060	293	572		
2010	1 594	2 217	1 280	(1590)		
2011	641.6	969. 5	402	765		
2012	1576	2 113	904	(1400)		
2003—2012	1 003	1 403	576	1 240		
三峡水库蓄水前后变幅/%	-9.0	-5.4	-59.6	24.9		

表 2 三峡水库蓄水前后鄱阳湖水沙输移变化统计值

Table 2	Annual	incoming	and	outputting	of	flow	and	sediment	in	Poyang	La	k
---------	--------	----------	-----	------------	----	------	-----	----------	----	--------	----	---

注: 括号中数据变化较大, 主要受人类活动干扰的影响。

年内鄱阳湖4月以前为河相,比降较大,流速相对较快,且由于"五河"处于涨水阶段,入湖流量增加,流域来沙能顺利通过鄱阳湖进入长江,淤积在主航道附近的泥沙冲刷,出湖沙量大于入湖沙量;4月起,"五河"进入汛期,流域入湖的水、沙骤增,湖水位升高,鄱阳湖呈湖相,比降减小,流速减缓,泥沙落淤,出湖沙量小于入湖沙量,但出湖沙量的比例仍较大;7~9月为长江干流汛期,湖水受顶托或发生江水倒灌,入湖泥沙大部分淤积在湖内,江沙倒灌会增加泥沙淤积幅度;10月以后,湖水随长江洪水退落而泄量增加,鄱阳湖再成河相,湖区泥沙开始冲刷。因此,鄱阳湖泥沙年内冲淤变化规律一般为"低水冲、高水淤",其中4~10月为淤积期,11月~次年3月为冲刷期。

从湖区淤积强度分布特征来看,三峡水库蓄水前(1952—1984年)鄱阳湖多年平均沉积速率约 2.6 mm/a^[9]。冲刷区大体上与枯水期河道位置一致,棠荫以南枯水期冲刷、洪水期堆积,但全年仍以淤积 为主;棠荫以北冲刷作用增强,尤以星子至湖口水道最甚,最大冲刷速率超过5.0 mm/a,局部因江水顶托 和倒灌,沉积作用也较强。湖泊沉积区以"五河"尾间和入湖三角洲的沉积速率最大,一般大于 20.0 mm/a,其中南部青岚湖累计淤厚1.79 m,平均沉积速率达69.0 mm/a,湖盆和湖湾沉积速率相对较小, 一般不超过2.0 mm/a。三峡水库蓄水后,仍是入江水道区域冲刷最为明显,青岚湖及湖盆东北部区域少量

第 25 卷

淤积,淤积主要集中在湖盆中部。1998—2010 年期间,由于挖沙严重,入江水道区域、赣江、修水河口区 域冲刷明显,断面河床高程呈下降趋势,同一高程下,2010 年断面面积增大,其中入江水道 9#断面 10 m 以 下高程面积增至 1998 年的 5.6 倍,河床平均高程下切 1.23 m;抚河、信江入湖河口至湖盆过渡带由于上游 来沙造成沉降,使得湖盆中部、东北部区域仍有所淤积,断面河床高程呈上升趋势,河床平均高程淤积约 0.11 m;南部、青岚湖下游区域断面略有冲刷,断面变化不大,河床平均高程下切 0.26 m(图 5)。从冲刷速 率来看,鄱阳湖区北部入江水道区域 1998—2010 年期间河底下切,冲刷严重,年冲刷速率最大为 0.61 m(出 现在 9#断面),平均冲刷速率 0.09 m;中部区域呈缓慢淤积,年淤积速率最大为 0.06 m,平均淤积速率为 0.01 m;南部区域为轻度冲刷,年冲刷速率最大为 0.03 m,平均冲刷速率 0.02 m。



图 5 1998—2010 年鄱阳湖湖盆各区域典型断面冲淤变化 Fig. 5 Changes of cross-sections in Poyang Lake from 1998 to 2010

2.2.2 湖区泥沙冲淤影响因素分析

相较于洞庭湖,鄱阳湖近 60 年的冲淤演变受人类活动的影响显著。因此,要分析其湖区泥沙冲淤的影响因素,首先要了解鄱阳湖湖区人类活动作用强度及主要时期。20 世纪 50 年代至 80 年代初期,随着人口的快速增长和农业发展对耕地需求的迅猛提高,"围湖造田"现象达到了疯狂的地步,至 80 年代初期,这种现象才有所缓解,直到 1992 年之后,"围湖造田"才得到禁止,1954 至 1983 年期间,"围湖造田"使得鄱阳湖湖区面积减小约 1 270 km²,湖盆容积共减小 79 亿 m^{3[10]},80 年代初期至 2000 年,人类活动对湖区的干扰强度相对较弱;自 2001 年长江中下游干流河道实行全面禁采以来,大量采砂船涌入鄱阳湖,尤其是鄱阳湖入江水道采砂活动呈现白热化状态,据海事、港航等部门的相关资料表明,仅 2005—2007 年,九江市沿湖县(区)年均实际采砂量 2.3 亿~2.9 亿 t。可见,20 世纪 80 年代初期之前及进入 21 世纪以来,人类活动对鄱阳湖湖区泥沙冲淤的影响都十分显著,这一特征也能够通过鄱阳湖入湖沙量与湖区泥沙沉积量也应与来沙量存在较好的相关关系,一旦受到人类活动的扰动,两者相关性发生变化。1957—1980 年和 2001—2012 年,受大规模"围湖造田"及采砂活动的影响,鄱阳湖入湖沙量与湖区沉积量的相关关系较差,表明湖区泥沙沉积量受人类活动影响较大;而 1981—2000 年,人类活动强度相对较弱,入湖沙量越大,湖区泥沙沉积量也越大,两者相关系数达到 0.76,湖区泥沙沉积量的大小主要与入湖沙量有关。可见,与洞庭湖相比,鄱





图 6 近 60 年鄱阳湖入湖沙量与湖区沉积量相关关系 Fig. 6 Relationship between incoming sediment and siltation of Poyang Lake in recent 60 years

3 三峡水库蓄水对两湖泥沙冲淤影响研究

3.1 对洞庭湖泥沙冲淤的影响

三峡水库对洞庭湖泥沙冲淤的影响主要集中在两个方面:一是影响洞庭湖入湖沙量。水库拦沙作用下, 坝下游干流沙量大幅减少,荆江三口含沙量随之锐减,经由荆江三口洪道分入洞庭湖的泥沙大幅减少;二是 影响洞庭湖出口水位。受三峡水库蓄水拦沙作用的影响,坝下游干流河道冲刷造成同流量下中枯水位产生一 定幅度的下降,洞庭湖湖区冲刷又集中在汛后低水期,干流水位下降造成湖区水面比降的调整也可能影响泥 沙冲淤强度。

荆江三口分入洞庭湖的泥沙由两部分组成,一是三口分泄的干流沙量,二是三口洪道冲淤产生或沉积的 沙量(见表3)。三峡水库蓄水后,长江中下游干流含沙量大幅减少,荆江三口分泄干流沙量由蓄水前 1995—2003年年均6320万t锐减至1110万t(2003—2011年均值),减幅达到82.4%。1995—2003年三口 洪道淤积泥沙4680万m³,年均淤积泥沙约727万t,2003—2011年洪道含沙量减小后,河床产生冲刷,累 积冲刷量达到7520万m³,年均冲刷泥沙约1170万t。因而,三峡水库蓄水后9年与蓄水前9年相比,荆江 三口洪道年均分入洞庭湖的泥沙量减少3310万t,减幅59.1%。同期,洞庭湖年均入湖总沙量减少约6020 万t,三口分入洞庭湖泥沙减幅占总量的55%。而三口分沙量减少的主要原因在于干流含沙量的锐减,可见, 三峡水库蓄水对洞庭湖近10年沉积量减少的影响十分显著。

10010 0 1000	second second		s and and a second	serere una arter impou		
时段	荆江三口年均 分沙量/万 t	三口洪道泥沙 年均冲淤量/万 t	三口洪道年均 入湖沙量/万 t	洞庭湖年均入湖 总沙量/万 t	洞庭湖年均 沉积量/万 t	
1995—2003	6 320	727	5 590	7 990	5 790	
2003—2011	1 110	-1 170	2 280	1 980	20	
						_

表 3 三峡水库蓄水前后荆江三口入湖沙量及总入湖沙量统计 Table 3 Total incoming sediment and which from three linguiang outfalls before and after impoundment of TCR

注:"-"表示冲刷。

统计三峡水库蓄水前 10 年和蓄水后 10 年东洞庭湖、洞庭湖出口城陵矶中枯水期水位变化见表 4,三峡 水库调蓄作用下,汛前枯水期对坝下游干流河道水量具有一定补偿作用,因此同期水位相较于蓄水前有所抬 升,东洞庭湖水位则变化不大,因此,湖区水面比降是趋于减缓的;汛后蓄水期及枯水期,东洞庭湖区及干 流水位均较蓄水前有所下降,且降幅基本相同,湖区水面比降基本未发生明显变化。综合来看,一方面,中

m

Table 4C	hanges of water	level at Lu	ijiao and Che	englingji stat	ion before a	nd after imp	oundment of	TGR
测站	时 段	1月	2 月	3 月	9月	10 月	11 月	12 月
	1993—2002	22. 23	22. 53	23. 57	29.13	26.98	24.65	22.85
东洞庭湖(鹿角站)	2003—2012	22.07	22.35	23.77	28.19	25.10	23.67	22.03
	差值	-0.16	-0.18	0. 20	-0.94	-1.88	-0.98	-0.82
	1993—2002	20.96	20. 89	21.92	28.90	26.70	24. 19	22.01
城陵矶(莲花塘站)	2003—2012	21.09	21.22	22. 53	28.00	24.82	23.26	21.36
	差值	0.13	0.33	0. 61	-0.90	-1.88	-0.93	-0.65

表 4 三峡水库蓄水前后中枯水期东洞庭湖、洞庭湖出口水位变化统计

注:差值是三峡水库蓄水后相对于蓄水前的变化值,"-"表示水位下降。

枯水期,尽管长江干流段水位在三峡水库影响下有所下降,但东洞庭湖湖区水位降幅与干流段基本一致,湖 区水面比降并未发生明显调整,同流量下,洞庭湖湖区水面比降还有一定幅度的减小,洞庭湖湖区汛后冲刷 的特性没有发生变化;另一方面,三峡水库蓄水加大了湖区主冲刷期水位下降的速度,使得原本处于冲刷状 态的低滩过早的出露,冲刷历时缩短,但这一过程并未影响洞庭湖淤积减缓的总体趋势。总体来看,三峡水 库蓄水引起的水位变化对湖区泥沙冲淤的影响相对较弱,对近几年洞庭湖淤积减缓的作用不明显。

可见,三峡水库蓄水对洞庭湖泥沙冲淤的影响主要集中在入湖沙量方面,而三口分沙量的减少关键在于 水库拦沙后,干流含沙量的锐减,这是一个长期的过程,因此,洞庭湖泥沙淤积减缓的趋势也将持续。

3.2 对鄱阳湖泥沙冲淤的影响

与洞庭湖不同,鄱阳湖与长江是单联通的关系,江水倒灌是长江干流对湖区的典型作用方式,且多发生在6月之后,鄱阳湖为湖相(星子站水位高于15m)的情况下^[2],倒灌频率及沙量大小会对湖区泥沙冲淤造成一定影响。同时,若干流水位出现趋势性的变化,也会引起湖区水位及比降的调整,从而影响湖区的泥沙冲淤^[9]。从通量的角度来看,前者是影响入湖沙量,后者则会影响出湖沙量。

三峡水库调蓄对鄱阳湖倒灌沙量的影响主要通过两种方式实现:一是汛期长江干流含沙量大幅度减小,即使倒灌水量不发生变化,倒灌总沙量也不可避免地减小;二是水库调度方式影响倒灌的频率和强度。关于鄱阳湖倒灌发生的判别条件,已有研究认为当长江干流流量的日涨幅超过了湖口前一天的出流流量时,江水会发生倒灌现象,若三峡水库发挥调洪作用,减小长江干流洪水的上涨速度,则会使得鄱阳湖倒流机会减小^[2]。然而,三峡水库蓄水以来,与历史情况相比,长江倒灌鄱阳湖的频率有所下降,总倒灌天数较蓄水前时段均值减少22 d,但倒灌水量并未减小,较20世纪90年代还偏大40.7%(表5)。与水量变化相反,三峡水库蓄水后10年倒灌总沙量为529万t,仅高于70年代,较90年代减少37.8%,占出湖总沙量的4.3%,较90年代下降9.0%。可见,三峡水库蓄水后,汛期倒灌鄱阳湖的总水量并未减少,倒灌沙量减少的主要原因仍在于长江干流含沙量的锐减。

值得注意的是,近几年,为进一步减轻长江中下游防洪压力,充分发挥三峡水库防洪效益,水库汛期采 用削峰调度的运行方式,汛期控制下泄流量不超过 45 000 m³/s,改变了下游的流量过程,如 2010 年 6 月 10 日~9 月 9 日,三峡水库入库洪峰流量大于 50 000 m³/s 的洪水出现 3 次,坝前最大洪峰流量为 70 000 m³/s(7 月 20 日)。这期间,三峡水库进行防洪调度,下泄流量基本控制在 40 000m³/s 以下(图 7)。这一调蓄作用使 得鄱阳湖发生倒灌的机会减小,与 2003—2012 年总的情况相比,2010—2012 年江水倒灌鄱阳湖的频率及强 度都明显减弱(表 5)。

三峡水库蓄水后,受河道冲刷的影响,长江中下游干流同流量下水位沿程呈现不同幅度的下降,但螺山以下水位下降的现象基本不明显,就鄱阳湖与长江交汇的区域来看(九江站),其水位下降现象尚不明显(图8)。

表 5 各时段长江倒灌鄱阳湖情况统计

	Table 5 The flow input Poyang Lake from the Yangtze River in different stages													
年代	倒灌年数/a	倒灌天数/d	倒灌次数	倒灌水量/亿m ³	倒灌沙量/万 t	占出湖沙量比例/%								
1950s	8	105	12	214.0	/	/								
1960s	10	172	30	356.6	2 980	29.6								
1970s	8	99	25	112. 7	313	3.0								
1980s	10	194	34	350. 3	2 340	24.5								
1990s	4	54	10	157. 8	850	13.5								
2000s	8	109	19	224. 7	538	4.6								
2003—2012	8	103	17	222.0	529	4.3								
2010—2012	2	7	3	6.2	9.6	0.3								
合计	50	740	133	1 422	/	/								







考虑到鄱阳湖湖区冲刷主要集中在入江水道、选取星子水位站作为入江水道控制站、都昌站作为湖区控 制站,湖口站水位变化基本受干流水流条件影响^[2],可作为干流水位变化控制站。从上文分析成果来看, 鄱阳湖冲刷主要发生在中低水时期,统计三峡水库蓄水前后湖区与湖口中低水期水位变化见表6。可以看出,

表 6 三峡水库蓄水前后中枯水期鄱阳湖都昌、星子站及湖口水位变化统计

Table 6	Changes of water level	at Duchang,	Xingzi and	Hukou statio	on before and	l after impou	undment of '	TGR
测站	时 段	1月	2 月	3 月	9月	10 月	11 月	12 月
	1993—2002	11.07	11.42	12.37	16.65	14. 39	12.58	11.48
鄱阳湖(都昌站	i) 2003—2012	9.46	10.12	11.70	15.04	12.33	10.65	9.61
	差值	-1.61	-1.30	-0.67	-1.61	-2.06	-1.92	-1.87
	1993—2002	9.80	10.06	11.28	16.74	14.42	12.29	10.58
鄱阳湖(星子站	i) 2003—2012	8.61	8.87	10.91	15.16	12.39	10.50	9.02
	差值	-1.19	-1.20	-0.38	-1.58	-2.04	-1.79	-1.56
	1993—2002	8.74	8.75	9.94	16.63	14.30	11.96	9.85
湖口站	2003-2012	8.18	8.54	10.30	15.08	12.25	10.30	8.70
	差值	-0.57	-0.20	0.36	-1.55	-2.05	-1.66	-1.15

anges	of	water	level	af	Duchang	Vingzi	and	Hukou	station	hefore	and	after	imn	oundme	nt o	f TO
anzos	UL.	matter	10,001	aı	Duchang.	/MI12/1	anu	manua	station	DUIDIC	anu	anun	mp	Junume	mu u	л 1 (

注:差值是三峡水库蓄水后相对于蓄水前的变化值,"-"表示水位下降。

汛前枯水期(1~3月),湖区水位降幅明显较干流水位降幅偏大,且都昌站水位降幅大于星子站,表明 干流水位下降并非鄱阳湖入江水道水位下降的主要原因,其水位变化主要与近年"五河"来水偏小有关; 三峡水库蓄水期及汛后枯期(9~12月),鄱阳湖入江水道水位降幅与干流基本一致,湖区略大于干流段,说

m

明同期鄱阳湖入江水道水面比降并未发生明显调整,对其冲淤的影响也不明显。与洞庭湖类似,9~12月, 干流水位下降使得湖区部分低滩提前出露,年内冲刷历时缩短,然而,这一现象对湖区泥沙总体冲刷的影响 并不明显,主要会影响部分洲滩植物生长情况,从而影响湖区生态环境^[3]。

与洞庭湖类似,三峡水库蓄水对鄱阳湖泥沙冲淤的影响也主要体现在入湖沙量方面,所不同的是,主要 影响汛期倒灌沙量,其所占的入湖总沙量比例较小,因此,三峡水库蓄水对鄱阳湖泥沙冲淤的影响较洞庭湖 明显偏弱。

4 结 论

(1) 三峡水库蓄水前,洞庭湖泥沙以淤积为主,淤积总量趋于减少,但沉积率无明显变化; 三峡水库 蓄水后,洞庭湖泥沙淤积量及沉积率均大幅减小,部分年份出湖沙量大于入湖沙量,且泥沙冲刷主要集中在 东洞庭湖区域,2003—2011 年湖区的泥沙平均冲刷深度约为10.9 cm,其中东洞庭湖泥沙平均冲刷约19 cm。 影响洞庭湖泥沙冲淤的主要因素是来沙条件,泥沙沉积量与来沙量存在良好的正相关关系。

(2) 三峡水库蓄水前,鄱阳湖湖区年均淤积泥沙469万t,三峡水库蓄水后,鄱阳湖进入冲刷状态,且 冲刷主要集中在北部入江水道、赣江、修水河口区域。影响鄱阳湖泥沙冲淤的主要因素在不同时期有所区 别,"围湖造田"和采砂活动对湖区泥沙冲淤的影响显著,入江水道含沙量异常偏大主要与采砂有关。在人 类活动作用较弱的时期,湖区泥沙冲淤量也与来沙量存在较好相关关系。

(3) 三峡水库蓄水对两湖泥沙冲淤的影响均主要体现在入湖沙量方面。三峡水库蓄水后,长江干流含 沙量锐减,造成三口洪道含沙量相应减小,三口分入洞庭湖泥沙的减少量占洞庭湖泥沙入湖总沙量减幅的 55%;长江干流输入鄱阳湖的泥沙主要通过倒灌的形式,三峡水库蓄水后,鄱阳湖倒灌水量变化不大,沙量 大幅减少,但其总量占入湖沙量比例较小,对湖区泥沙冲淤影响与洞庭湖相比明显偏小。

参考文献:

- [1] 长江水利委员会水文局. 三峡工程运用前后江湖水沙与冲淤变化分析[R]. 武汉:长江水利委员会水文局,2012: 28-40.
 (The Bureau of Hydrology, Changjiang Water Resources Commission. Analysis on flow and sediment changes, deposition and erosion of river bed in the middle and lower Yangtze River, Dongting Lake and Poyang Lake [R]. Wuhan: The Bureau of Hydrology, Changjiang Water Resources Commission, 2012: 28-40. (in Chinese))
- [2] 方春明,曹文洪,毛继新,等. 鄱阳湖与长江关系及三峡蓄水的影响[J]. 水利学报, 2012,43(2):175-181. (FANG Chunming, CAO Wenhong, MAO Jixin, et al. Relationship between Poyang Lake and Yangtze River and influence of Three Gorges Reservoir[J]. Journal of Hydraulic Engineering, 2012,43(2):175-181. (in Chinese))
- [3] 许继军,陈进. 三峡水库运行对鄱阳湖影响及对策研究[J]. 水利学报, 2013,44(7):757-763. (XU Jijun, CHEN Jin. Study on the impact of Three Gorges Reservoir on Poyang Lake and some proposals[J]. Journal of Hydraulic Engineering, 2013,44(7):757-763. (in Chinese))
- [4] LI Yitian, SUN Zhaohua, LIU Yun, et al. Channel degradation downstream from the Three Gorges Project and its impacts on flood level[J]. Journal of Hydraulic Engineering, 2009, 135:718-728.
- [5] ZHANG Q, LI L, WANG Y G, et al. Has the Three-Gorges Dam made the Poyang Lake wetlands wetter and drier? [J]. Geophysical Research Letters, 2012, 39: L20402.
- [6] 来红州, 莫多闻, 苏成. 洞庭湖演变趋势探讨[J]. 地理研究, 2004,23(1):78-86. (LAI Hongzhou, MO Duowen, SU Cheng. Discussion on the evolutionary trend of Lake Dongting[J]. Geographical Research, 2004,23(1):78-86. (in Chinese))
- [7] 姜加虎,黄群,孙占东. 洞庭湖泥沙淤积与洲滩变化研究[J]. 人民长江, 2009,40(14):74-75. (JIANG Jiahu, HUANG Qun, SUN Zhandong. Study on sedimentation and bottomland change of Dongting Lake[J].Yangtze River, 2009,40(14):74-75. (in Chinese))
- [8] 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.(LI Yi-tian, GUO Xiaohu, TANG Jinwu, et al. Changes on runoff diversion from Jingjiang reach of the Yangtze River to Dongting Lake after

the operation of Three Gorges Reservoir [J]. Journal of Basic Science and Engineering, 2009, 17(1):21-31. (in Chinese))

- [9] 王云飞. 三峡工程对鄱阳湖冲淤的影响和预测[J]. 湖泊科学, 1994,6(2):124-130. (WANG Yunfei. Impacts of Three-Gorges Project on erosion and deposition of Poyang Lake and its prediction[J]. Journal of Lake Sciences, 1994,6(2):124-130. (in Chinese))
- [10] 闵骞, 刘影, 马定国. 退田还湖对鄱阳湖洪水调控能力的影响[J]. 长江流域资源与环境, 2006,15(5):574-578. (MIN Qian, LIU Ying, MA Dingguo. Impact of restoring lake by stopping cultivation on flood control capacity of Poyang Lake[J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2006,15(5):574-578. (in Chinese))

Sediment erosion and deposition in two lakes connected with the middle Yangtze River and the impact of Three Gorges Reservoir*

ZHU Lingling, CHEN Jianchi, YUAN Jing, DONG Bingjiang

(Bureau of Hydrology, Changjiang Water Resources Commission, Wuhan 430010, China)

Abstract: As the largest freshwater lakes in China, the Poyang and Dongting Lakes enter a complicate coupling with the middle reach of Yangtze River, which plays a significant role in flood control and eco-environment protection. Based on the field flow-sediment and topography data, the leading factors to the characteristics of sediment erosion and deposition in both Lakes have been studied, of which the Three Gorges Reservoir is highlighted. The results indicate that the rate of siltation in both Lakes shows visibly slowdown to occasional erosion in the recent decade. The decrease of sedimentation rate in Dongting Lake is basically induced by the reduction of incoming sediment due to the operation of Three Gorges Reservoir, while the erosion dominated in Hukou reach of Poyang Lake is mainly caused by excessive sand mining rather than the Three Gorges Reservoir which still remains uncertain.

Key words: sediment erosion and deposition; human activities; Three Gorges Reservoir; Dongting Lake; Poyang Lake

论文优先数字出版说明

为即时确认作者科研成果、彰显论文传播利用价值,从 2011 年 1 月起,将于《水科学进展》印刷版期刊出版的定稿论文优先 在"中国知网"(http://www.cnki.net)以数字出版方式提前出版(优先数字出版)。欢迎读者在中国知网"中国学术期刊网络 出版总库"检索、引用本刊作者最新研究成果。

《水科学进展》编辑部

^{*} The study is financially supported by the National Basic Research Program of China (No. 2012 CB417001).