

基于实测水下地形数据的澄通河段 冲淤时空分布特征

徐祎凡^{1,2}, 栾震宇^{1,2}, 陈炼钢^{1,2}, 金 秋^{1,2}, 陈黎明^{1,2}, 胡腾飞^{1,2}

(1. 南京水利科学研究院, 江苏 南京 210029; 2. 水文水资源与水利工程科学国家重点实验室, 江苏 南京 210029)

摘要:以长江口澄通河段为研究区,利用 2006 年和 2012 年实测水下地形数据,建立河道数字高程模型,结合长江口来水来沙现状和河段特征,分析了在三峡建坝后澄通河段水下地形的冲淤变化以及河床演变趋势,研究了澄通河段典型断面的变化情况。结果表明,随着以三峡水库为代表的长江上游梯级水库群的建成蓄水,长江下游来水量变化不大,但来沙量显著降低,澄通河段在 2006 年至 2012 年间河道呈现冲刷状态,福中水道和福北水道分别发生了冲刷和淤积,浏海沙水道的深槽位置发生摆动,右侧河道变宽,天生港附近的通州沙东水道右侧深槽处于刷深状态,而狼山沙东水道河槽向左偏移明显。

关键词:长江口; 澄通河段; 冲淤变化

中图分类号:TV146

文献标识码:B

文章编号:1007-7839(2020)12-0035-04

Temporal and spatial distribution characteristics of scouring and silting in Chengtong River section based on measured underwater topographic data

XU Yifan^{1,2}, LUAN Zhenyu^{1,2}, CHEN Liangang^{1,2}, JIN Qiu^{1,2}, CHEN Liming^{1,2}, HU Tengfei^{1,2}

(1. *Nanjing Hydraulic Research Institute, Nanjing 210029, China;*

2. *State Key Laboratory of Hydrology – Water Resources and Hydraulic Engineering, Nanjing 210029, China*)

Abstract: Taking Chengtong reach of the Yangtze River Estuary as a research area, using the measured underwater topographic data in 2006 and 2012, the digital elevation model of the river channel was established. Based on the current situation of inflow and sediment in the Yangtze River Estuary and the characteristics of the river section, the scouring and silting changes of the underwater topography and the evolution of the river bed in the Chengtong reach after the construction of the Three Gorges dam were analyzed, and the changes of typical sections in the Chengtong reach were studied. The results showed that, with the completion and storage of cascade reservoirs in the upper reaches of the Yangtze River represented by the Three Gorges Reservoir, the inflow of the lower reaches of the Yangtze River had little change, but the amount of sediment was significantly reduced. The river channel of the Chengtong reach was scoured from 2006 to 2012, and the Fuzhong and Fubei waterways were scoured and silted respectively. The position of the deep channel of the Liuhaisha waterway was oscillating, and the right channel was widened. The right deep channel of the Tongzhou Shadong waterway near the Tianshenggang was in the state of brushing depth, while the channel of the Langshan Shadong waterway was obviously shifted to the left.

Key words: Yangtze River Estuary; Chengtong reach; sediment change

收稿日期:2020-05-16

基金项目:国家重点研发计划(2017YFC0405301);国家自然科学基金项目(41601376,51679143,51909168,51809180)

作者简介:徐祎凡(1986—),男,工程师,硕士,主要从事水环境遥感,面源污染及河湖水沙-生态环境协变与调控研究。

E-mail: xuyf@nhri.cn

1 概 述

长江口是中国第一大河口,水下地形复杂,其水动力条件既受到上游径流条件影响,也受到外海潮波影响。而与此同时,长江入海携带的泥沙则是维持长江口沿岸以及其河口冲积地貌整体稳定的基础^[1]。根据大通水文站的资料显示,20 世纪 70 年代以来,长江下游水体泥沙含量呈现递减的趋势^[2],而在 2003 年三峡工程蓄水以后经长江口入海的泥沙量更是急剧减少。作为世界最大的河流水利枢纽工程^[3],三峡大坝对长江中下游、河口以及近海沿岸区域有着深远的影响,这就使其成为国内外研究的焦点,但目前研究结果大多还是定性的,对长江口区域水下地形冲淤变化的具体情况还研究较少^[4-9]。本文根据专业测绘部门测量的 2006 年和 2012 年 2 次长江口澄通河段水下地形数据,结合地理信息系统软件对三峡水库蓄水后澄通河段水下地形的冲淤变化在空间上进行了定量分析,同时结合大通水文站的泥沙和流量资料,探讨长江入海泥沙减少对长江口澄通河段水下地形冲淤的影响。

2 研究区概况

长江口澄通河段西起鹅鼻咀,东至徐六泾,全长 96.8 km。由福姜沙汊道段、如皋沙群汊道段和通州沙汊道段组成。河道左岸依次是江苏省靖江市、如皋市、以及南通市,右岸为江苏省江阴市、张家港市和常熟市。长江口澄通河段江面宽阔,洲滩及水下暗沙众多,河道多汊分流,在径流、潮流等多种动力因素的作用下,河道演变复杂。随着近年来沿江两岸社会经济的快速发展,沿岸各市加大了该河段的整治力度,目前澄通河段河势总体稳定。随着三峡建坝蓄水后,长江入海泥沙量急剧减少,这将对澄通河段内众多沙洲的发展变化产生影响,而沙洲的变化将对河床的冲淤变化产生影响,进而影响到长江主航道深槽的摆动,使得通航安全受到威胁。

3 数据与方法

本文中采用的空间数据为 2006 年和 2012 年 2 次测量的长江口澄通河段水下地形数据,为横轴墨卡托投影和 1954 年北京坐标系,1985 国家高程基准,等高距为 1 m,采用 ArcGIS10.2 软件进行数据预处理,包括对地形资料进行数字化,等高线和高

程点数据录入、编辑和修正,进而建立澄通河段 2006 年和 2012 年的数字高程模型。因研究区域主要针对澄通河段河道水下地形,所以将河道中福姜沙、民主沙以及长青沙和横港沙进行了剔除。此外,为研究河道冲淤变化的空间差异性,本文把澄通河段划分为 4 个区域,分别为福姜沙水道(包括福北、福中和福南水道)、浏海沙水道、通州沙水道(通州沙东水道、通州沙西水道)以及狼山沙水道(狼山沙东水道、狼山沙西水道),结合水沙数据对它们的冲淤变化进行统计分析。大通站 2007—2011 年水沙资料来自水利部长江水利委员会水文局。

图 1 和图 2 分别为 2006 年和 2012 年长江口澄通河段水下地形图。

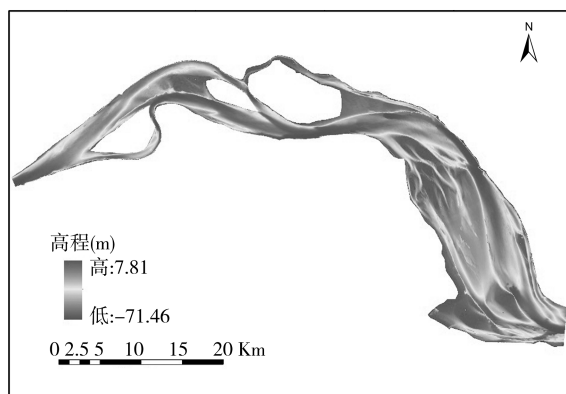


图 1 2006 年长江口澄通河段水下地形

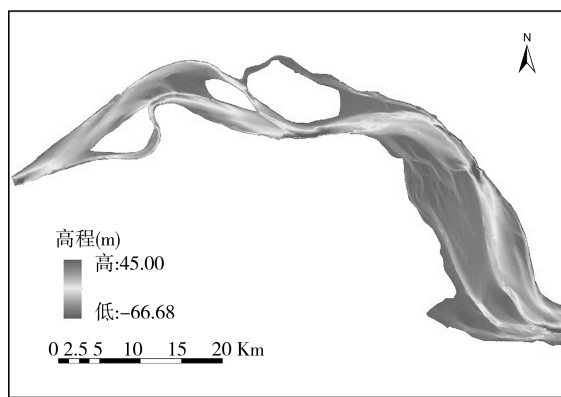


图 2 2012 年长江口澄通河段水下地形

4 研究与分析

4.1 河道冲淤量和垂向冲淤速率

澄通河段河道冲淤分布情况较为复杂,河道冲刷面积为 284.91 km^2 ,占整个河道面积的 55.54%,淤积面积为 228.11 km^2 ,占河道面积的 44.46%。净冲刷体积为 $1.89 \times 10^8 \text{ m}^3$,按照干容重 1.4 t/m^3 ,

2006—2012 年,澄通河段净冲刷量为 2.65×10^8 t, 平均年冲刷量为 0.53×10^8 t。整个河道平均冲刷厚度为 0.37 m, 年均净冲刷速率为 6.17 cm/a。澄通河段冲淤分布见表 1。

表 1 2006—2012 年澄通河段冲淤分布

冲刷 面积/ km ²	淤积 面积/ km ²	净冲刷 体积/ 10 ⁸ m ³	净冲刷 厚度/ m	净冲刷 速率/ (cm · a ⁻¹)
284.91	228.11	1.89	0.37	6.17

2006—2012 年澄通河段水下地形冲淤分布见图 3。由图 3 可以看出,河道冲刷部分主要集中在深泓线区域,而淤积部分主要位于河道中的沙洲附近。

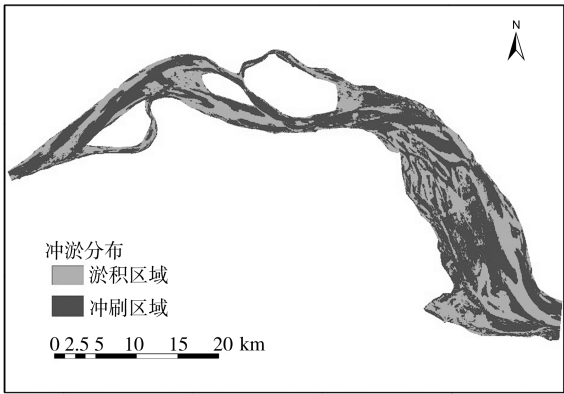


图 3 2006—2012 年澄通河段水下地形冲淤分布

4.2 河道冲淤的空间差异

福姜沙水道的河道面积约为 81.61 km², 其中冲刷和淤积面积分别为 48.05 km² 和 33.56 km², 净冲刷体积为 5.82×10^7 m³, 冲刷区域主要集中在福北水道东部和西部、福中水道以及双涧沙等区域, 淤积区域主要分布在福南水道、福中水道中部。浏海沙水道的河道面积约为 99.87 km², 其中冲刷和淤积面积分别为 51.8 km² 和 48.07 km², 净冲刷体积为 3.86×10^7 m³, 冲刷区域主要集中在如皋中汉、浏海沙水道中部至东部, 而淤积区域主要分布在长青沙北部和东部。通州沙水道的河道面积约为 203.57 km², 其中冲刷和淤积面积分别为 118.12 km² 和 85.45 km², 净冲刷体积为 2.84×10^7 m³, 冲刷区域主要集中在通州沙东水道中部和西水道, 而淤积区域主要分布在通州沙东水道的南部和北部以及通州沙。狼山沙水道的河道面积约为 127.97 km², 其中冲刷和淤积面积分别为 66.94 km² 和 61.03 km², 净冲刷体积为 $6.4 \times$

10^7 m³, 冲刷区域主要集中在各条水道, 分别为福山水道、狼山沙西水道和狼山沙东水道, 而淤积区域主要分布在狼山沙和铁黄沙。

根据以上分析结果可以看出,澄通河道中福姜沙水道和狼山沙水道垂向冲刷强度较高,净冲刷厚度分别为 0.71 m 和 0.5 m, 净冲刷速率为 11.83 cm/a 和 8.24 cm/a。而福姜沙水道和狼山沙水道冲刷面积分别占区域的 58.88% 和 52.31%。各水道冲淤分析结果见表 2。

表 2 各水道冲淤情况

区段	冲刷 面积/ km ²	淤积 面积/ km ²	净冲刷 体积/ 10 ⁷ m ³	净冲刷 厚度/ m	净冲刷 速率/ (cm · a ⁻¹)
福姜沙水道	48.05	33.56	5.82	0.71	11.83
浏海沙水道	51.80	48.07	3.86	0.39	6.44
通州沙水道	118.12	85.45	2.84	0.14	2.33
狼山沙水道	66.94	61.03	6.40	0.50	8.40

4.3 典型剖面冲淤变化

研究中,在澄通河段选取 4 个典型断面。其中断面 1 位于福北水道和福中水道,断面 2 位于浏海沙水道,断面 3 位于通州沙水道,断面 4 位于狼山沙水道。通过图 4 至图 7 可以看出,断面 1、2、3 为复式断面,而断面 4 为马鞍形断面。

通过断面 1 可以看出,福北水道左岸在 2006—2012 年处于淤积状态,位于河道中部宽度约为 1.5 km 范围则处于冲刷状态,而位于河道右岸双涧沙附近的福中水道有约 400 m 宽的区域呈现淤积状态。断面 2 显示在,浏海沙水道的深槽位置发生摆动,其向左摆动了近 1 km,而原本只有 200 m 深槽区域由于冲刷作用发生了扩展,深槽区拓宽了近

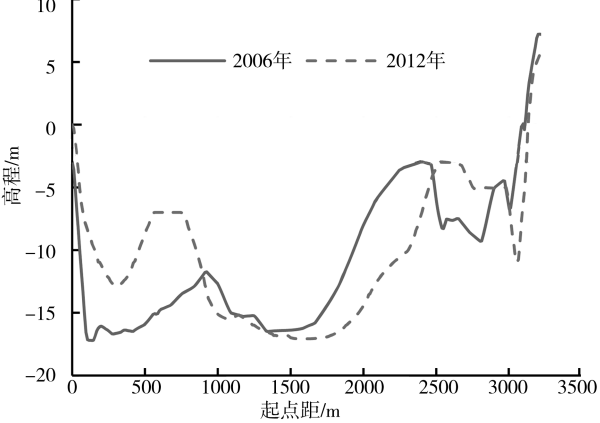


图 4 2006 年和 2012 年断面 1 对比

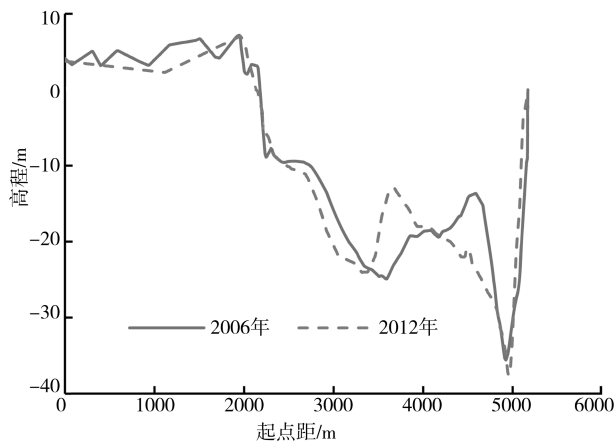


图5 2006年和2012年断面2对比

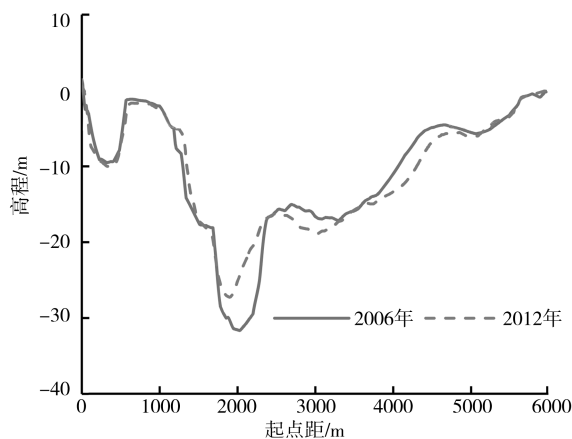


图6 2006年和2012年断面3对比

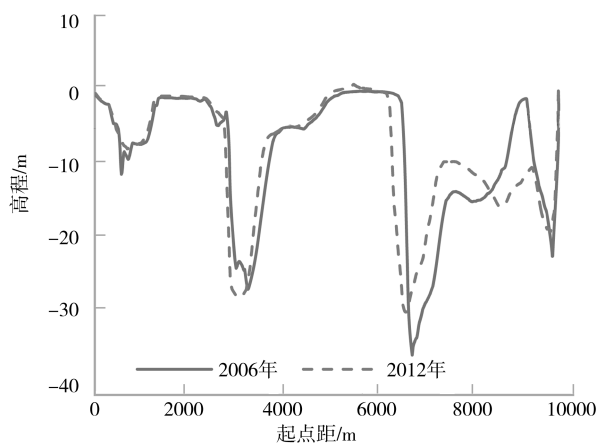


图7 2006年和2012年断面4对比

900 m。在断面3中,天生港附近的通州沙东水道右侧深槽处于刷深状态,距离左岸约2 km的深槽区域在2006—2012年发生了淤积,而深槽右侧的河道则处于被冲刷的状态。断面4狼山沙西水道河槽向左摆动明显,且在距离左岸约7 km处的深槽发生明显的淤积现象,而近右岸的深槽经冲刷作用拓宽明显。

4.4 结果分析

根据相关文献资料,1985年之前大通水文站记

录的来沙量处于较高的水平,年平均输沙量达到4.33亿t,而在这之后,其来沙量就处于整体下降的趋势,特别是在三峡水库蓄水以后,2003—2005年大通站输沙量降至 1.90×10^8 t/a,而根据本次研究数据,2007—2011年期间除了2010年长江发生流域大洪水,造成来水来沙量升高以外,大通站输沙量整体继续呈现下降的趋势,由 1.34×10^8 t/a降至 0.69×10^8 t/a。相关研究表明,在三峡水库蓄水后,洞庭湖泥沙淤积明显减弱且中下游主要支流输沙量增加。2007—2011年大通站流量和输沙量变化见图8。

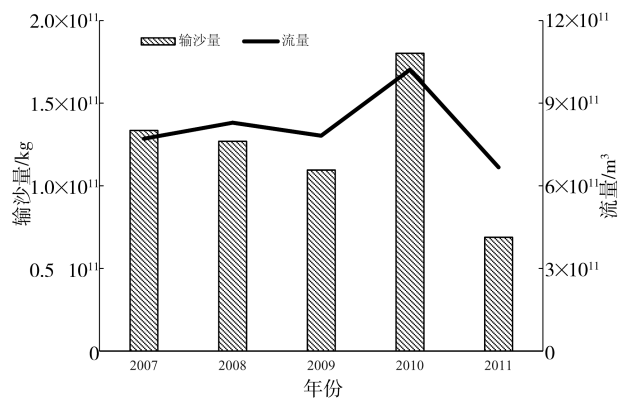


图8 2007—2011年大通站流量和输沙量变化

随着长江中上游以三峡水库为代表的梯级水库群的建成并蓄水发电,加之长江中上游流域水土保持措施的持续加强,长江口区域的来沙量将持续处于较低的水平^[10],这将导致澄通河段河道的冲刷,这对澄通河段的稳定性将产生一定影响^[11],在今后的一段时期,长江口区域水下地形整体上将继续保持冲刷状态。

5 结 论

2006—2012年,澄通河段的河道地形整体呈现冲刷的状态,这主要是由于长江流域人类活动特别是上游梯级水库群建成蓄水后,造成大量来沙被沉淀在库区,下游来沙量减少造成的。根据大通站的监测数据显示,大通站年输沙量由2007年的1.34亿t降至2011年的0.6亿t;澄通河段在2006—2012年河道呈现冲刷状态,平均冲刷厚度约为0.37 m,净冲刷体积为 1.89×10^8 m³;福中水道和福北水道分别发生了冲刷和淤积,其中冲刷和淤积面积分别为48.05 km²和33.56 km²;浏海沙水道的深槽位置发生摆动,右侧河道变宽,天生港附近的通州沙东水道右侧深槽处于刷深状态;而狼山沙

(下转第43页)

(3)通信与网络系统建设

信息系统建设包括实验室、自动监测及移动监测3种方式下的通讯系统、计算机网络系统、实验室信息管理系统、水源地数据库管理系统、预警预报系统和信息处理与发布系统的建设规划。初步建立依托广域网技术的3级水质信息处理系统,并与流域机构、省水环境监测中心信息管理系统等相衔接。

4.4.2 水源地应急保障体系建设

根据《中华人民共和国环境保护法》《中华人民共和国水污染防治法》等相关法律、法规,以及《国家突发性公共事件总体应急预案》《江苏省饮用水源地突发性水污染事件水利系统应急预案》,结合八卦洲(左汊)上坝水源地的实际情况制定饮用水源地应急预案。应急预案遵循“预防为主、常备不懈”的方针,按照“统一领导、分级负责、反应及时、措施明确、部门协作”的原则,及时有效应对,加强水量、水质监测和预测,通过水工程的应急调度,减少污染危害,提高饮用水源地安全保障水平^[4]。

5 结 论

本研究根据长江南京段八卦洲(左汊)上坝水源地的基本情况,分析了水源地污染源与污染风险源现状,在探讨制定水源地风险防控目标和指导原则的基础上,提出了包括水质污染、水量短缺、生态环境和管理安全4个方面的风险防控措施,可为长江南京段八卦洲(左汊)上坝水源地风险防控提供一定的借鉴。

参考文献:

- [1] 侯卫国,胡春燕,谢作涛. 长江南京八卦洲河段演变分析及治理对策探讨[J]. 人民长江, 2011, 42(7): 39-42.
 - [2] 章志强,李涛章. 浅谈长江南京河段岸线治理与沿江经济发展[J]. 江苏水利, 2010(1):15-16.
 - [3] 刘辉. 丹江口库区及上游水质状况与监测工作建议[J]. 人民长江, 2012, 43(12):20-22.
 - [4] 蒋咏,张建华,韦诚. 加强南京市饮用水源地建设与保护的思考[J]. 江苏水利, 2017(9):1-4.
-
- (上接第38页)
- 东水道河槽向左偏移明显,河道冲刷和淤积面积分别为 66.94 km^2 和 61.03 km^2 ,净冲刷体积为 $6.4 \times 10^7 \text{ m}^3$ 。
- 参考文献:**
- [1] SYVITSKI J P M, VOROSMARTY C J, KETTNER A J, et al. Impact of humans on flux of terrestrial sediment to the global coastal ocean[J]. Science, 2005, 308:376-380.
 - [2] YANG Shilun, Zhao QINGying, IGORM B. Temporal variation in the sediment load of the Yangtze River and the influences of the human activities[J]. Journal of Hydrology, 2002, 263:56-71.
 - [3] 王儒述. 三峡工程的环境与移民问题[J]. 长江流域资源与环境, 2000, 9(1):1-3.
 - [4] YANG Shilun, IGORM B. Delta response to decline in sediment supply from the Yangtze River: evidence of the recent four decades and expectations for the next half-century[J]. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 2003, 57:689-699.
 - [5] 李从先,杨守业,范代读,等. 三峡大坝建成后长江输沙量的减少及其对长江三角洲的影响[J]. 第四纪研究, 2004, 24(5):495-500.
 - [6] 杨世伦,朱骏,赵庆英. 长江供沙量减少对水下三角洲发育影响的初步研究——近期证据分析和未来趋势估计[J]. 海洋学报, 2003, 25(5):83-91.
 - [7] 刘曙光,郁微微,匡翠萍,等. 三峡工程对长江口南汇边滩近期演变影响初步预测[J]. 同济大学学报(自然版), 2010, 38(5):679-684.
 - [8] 周念清,王燕,夏明亮. 长江口的演化与发展趋势[J]. 水土保持通报, 2007, 27(3):132-137.
 - [9] 王永忠,陈肃利. 长江口演变趋势研究与长远整治方向探讨[J]. 人民长江, 2009, 40(8):21-24.
 - [10] 戴仕宝. 中国流域自然作用和人类活动对(河流)入海泥沙的影响[D]. 上海:华东师范大学, 2006.
 - [11] 曹颖,朱军政. 长江口南汇边滩水动力条件变化的数值预测[J]. 水科学进展, 2005, 16(4):581-585.