



长江徐六泾河段白茆小沙近期演变特征分析*

朱庆元¹, 杜德军², 夏云峰², 闻云呈²

(1. 江苏省水利厅, 江苏 南京 210029 ; 2. 南京水利科学研究院, 江苏 南京 210029)

摘要: 从河床冲淤、断面变化等方面, 对白茆小沙近年来的演变、变化趋势及其影响进行分析。研究认为, 受来水来沙条件变化、涨落潮水流路分离影响和人为干扰等因素的作用, 近年来白茆小沙的演变特征为上沙体滩面高程降低、尾部冲刷上提、下沙体冲失; 预计白茆小沙将处于自然变化状态, 但其变化将逐渐趋缓。白茆小沙的整治作为规划治理中的一部分, 在下沙体的冲失后, 已经失去治理的最佳时机。建议加强观测, 以便分析其演变对河势及周边涉水工程的影响。

关键词: 长江; 徐六泾; 新通海沙; 白茆小沙; 下沙体; 河床演变; 河道治理

中图分类号: TV 148+.7 文献标志码: A 文章编号: 1002-4972(2015)12-0080-06

Recent evolution characteristics of Baimaoxiaosha in Xuliujing section of the Yangtze River

ZHU Qing-yuan¹, DU De-jun², XIA Yun-feng², WEN Yun-cheng²

(1. Jiangsu Province Water Resources Department, Nanjing 210029, China;
2. Nanjing Hydraulic Research Institute, Nanjing 210029, China)

Abstract: The evolution of Baimaoxiaosha in recent years, changes in trends and their implications are analyzed in terms of riverbed erosion and section changes. Studies suggest that because of runoff and sediment conditions change, ebb and flow passage separating and human disturbance, the overall evolution of Baimaoxiaosha appears that the sandy surface elevation reduces in the upper sand and the tail-part lifts, and the lower sand is washed out. It is expected that Baimaoxiaosha would be in a natural state of change, but the change will gradually slow down. After washout of the lower sand, the best chance for regulations lost. It is suggested to strengthen observation to analyze the impact on the river regime and water engineering nearby.

Keywords: the Yangtze River; Xuliujing section; Xintonghai shoal; Baimaoxiaosha; lower shoal; bed evolution; river regulation

白茆小沙位于长江徐六泾河段南侧, 与南岸之间为常熟金泾塘水道, 北侧为新通海沙。徐六泾河段位于长江河口段, 上接通州沙水道, 下连白茆沙水道(图1)。受径潮流共同作用, 水流条件复杂, 白茆小沙冲淤变化较为明显。近年来, 随着三峡工程的实施, 来水来沙条件发生变化; 周边水域有不少大型涉水工程建成或在建之中, 如苏通大桥、新通海沙围垦、12.5 m 深水航道、铁黄沙围垦等。受来水来沙变化和周边工程实施的影响, 白茆小沙出

现了新的变化, 为研究其演变对河势和周边涉水工程的影响, 拟通过河床冲淤、断面变化等方面, 来分析其变化及其影响, 为白茆小沙的治理决策和影响采取的对策提供更为充分的技术依据。

1 河道及水文泥沙条件

1.1 河段概况

通州沙河段自十三圩至徐六泾, 全长约 39 km (图1), 进出口段相对较窄, 分别宽 5.7 km 和

收稿日期: 2015-05-16
*基金项目: 江苏省水利科技项目 (2015004)
作者简介: 朱庆元 (1968—), 男, 高级工程师, 从事水利工程规划建设。

4.9 km, 中间放宽, 最大河宽约 10 km, 为暗沙型多分岔河道, 江中通州沙、狼山沙、新开沙等沙体发育。进口段长江被通州沙体分为东、西水道, 东水道是以落潮流为主的长江主流通道, 目前分流比

为 90% 左右, 出口段被自左而右的新开沙、狼山沙和铁黄沙分为新开沙夹槽、狼山沙东、西水道和福山水道, 目前, 狼山沙东水道分流比为 65% 左右, 为主汉^[1-2]。

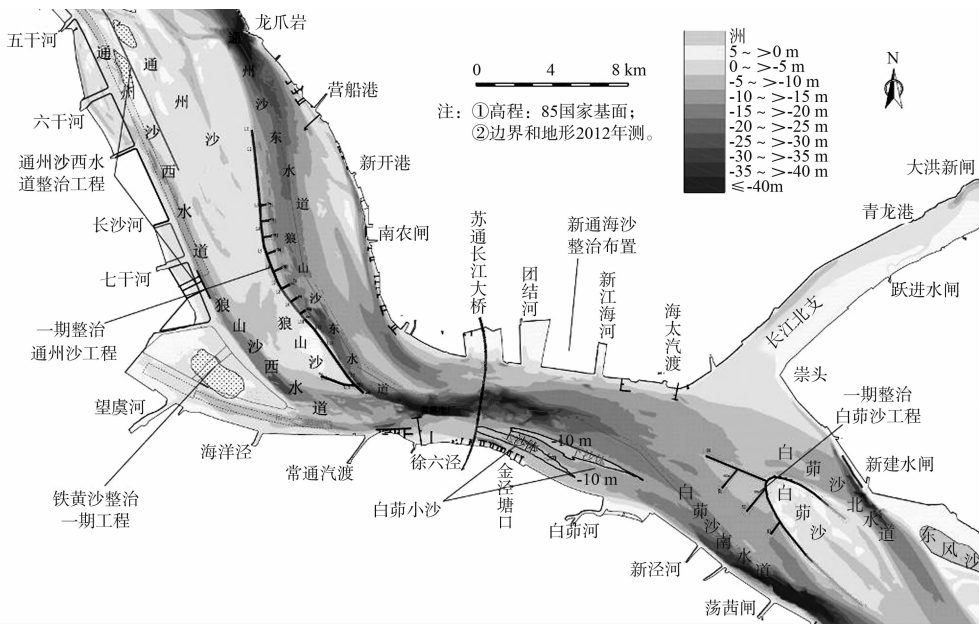


图 1 徐六泾河段河势

徐六泾河段上承澄通河段, 下接长江南支白茆沙分岔河段, 自浒浦至白茆河口长约 15 km。新通海沙围垦后, 苏通大桥下游附近最窄处缩窄到 4.5 km 左右, 为人工缩窄段。

白茆河口以下为展宽分汉型河道, 长江在此被崇明岛分南北两支, 南支为主汉, 自白茆河口至吴淞口全长约 60 km, 与南、北港相连。南支白茆沙河段进口被白茆沙分为白茆沙南、北水道, 长江主流自徐六泾河段进入白茆沙南水道, 分流比约占 65%。

1.2 水水泥沙概况

1) 径流。

长江下游大通水文站距徐六泾河段接近 480 km, 据其 1950—2011 年来流资料分析, 历年最大流量 92 600 m³/s, 最小流量 4 620 m³/s, 年平均流量 28 200 m³/s, 洪、枯季平均流量为 56 700 m³/s 和 16 700 m³/s。每年 5—10 月为汛期, 其径流量占年径流总量 70.7%。2003 年三峡水库蓄水前年平均径流量为 9 025 亿 m³、蓄水后年平均径流量 8 200 亿 m³。

2) 潮汐及潮流。

白茆小沙河段处于长江河口段, 长江口为中等强度潮汐河口, 属非正规半日潮。据徐六泾站 1985—2006 年潮位资料统计, 最大潮差为 4.01 m (85 国家高程基准, 下同), 平均高潮位 2.07 m, 平均低潮位约 0.03 m。在径流与河床边界条件阻滞下, 潮波变形明显, 涨落潮历时不对称, 涨、落潮历时约 4、8 h。潮流运动总体呈现往复流特性, 落潮流为塑造河床的主要动力, 流速最大可达 2.5 m/s 以上。

3) 泥沙。

徐六泾河段泥沙主要是流域来沙, 根据上游大通站 1951—2012 年资料统计分析, 历年最大含沙量为 3.24 kg/m³、最小为 0.016 kg/m³、平均为 0.428 kg/m³, 长江水体含沙量与流量有关, 洪、枯季多年平均含沙量为 0.530、0.182 kg/m³。汛期水、沙量比较集中^[3-4]。

三峡水库蓄水前年均输沙量为 3.43 亿 t, 2003 年蓄水后至 2010 年, 年均输沙量约 1.52 亿 t,

输沙量下降。徐六泾河段平均含沙量较蓄水前减少约 50%。河床底沙为粉细沙，中值粒径为 0.10~0.25 mm，深槽较粗，滩面较细；悬沙中值粒径约为 0.01 mm。根据 2010 年 4 月测量资料，白茆小沙底沙中值粒径为 0.099 6 mm。

1.3 白茆小沙附近水动力特点

在徐六泾河段，落潮主流经主槽、白茆沙南水道进口过渡段进入白茆沙南水道，南侧部分落潮流进入白茆小沙南侧夹槽，经白茆河口汇入落潮主流进入白茆沙南水道。涨潮流自白茆沙南水道上溯后，一股流沿着白茆沙南水道进口过渡段进入徐六泾主槽；另一股流经白茆沙南水道、白茆小沙南侧夹槽，过苏通大上溯。其间，白茆小沙上下沙体间均有越滩流存在，落潮时自主槽经窄沟进入南侧夹槽，涨潮时由夹槽经窄沟进入徐六泾主槽。

根据 2013、2014 年实测数据（图 2），白茆小沙附近，涨潮期平均流速大于落潮期，涨潮平均流速最大约 0.7 m/s，落涨流速的比值在 1.20~2.28；大潮潮平均流速明显大于小潮。

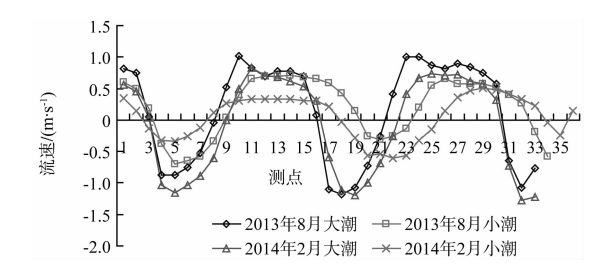


图 2 白茆小沙尾部洪季、枯季流速过程

研究表明，洪季大潮条件下徐六泾主槽落潮最大流速约 2.0 m/s；白茆小沙中下段附近落潮流速约 1.5 m/s，白茆小沙夹槽最大流速一般在 1.0~1.5 m/s；白茆沙南水道主槽内落潮最大流速均超过 1.8 m/s。枯季大潮条件下徐六泾主槽落潮最大流速一般在 1.5 m/s 以内，白茆小沙左缘和右侧夹槽落潮流速一般在 1.0 m/s 以内。枯季条件下，白茆沙南水道、白茆小沙附近涨潮动力强于落潮动力。洪枯季条件下涨落潮流均较强，且洪、枯季条件下存在涨落潮流路分离现象。

2 白茆小沙演变分析

2.1 河道边界条件变化分析

徐六泾河段历史上长江主流顶冲常熟岸线，致使江岸崩坍，18 世纪开始常熟岸线先后修建海塘及一系列桩石工程，加上南岸地质条件较好，南岸长期处于稳定状态。1954 年通海沙围垦成陆，1957 年通海沙并北岸，1958 年北岸开始进行了一系列围垦工程，1965 年江心沙围垦成陆，1973 年江心沙并北岸，江面由原来的 15.7 km 缩窄至 5.7 km。2007 年南岸进行了常熟边滩围垦，2008—2013 年实施新通海沙围垦工程，苏通大桥下游附近江面宽缩窄到 4.5 km 左右（图 3）。这些工程的实施，使徐六泾河段成为江阴以下长江干流段唯一的单一河道，形成了长江下游最后一个节点——徐六泾人工缩窄段。河道边界趋于稳定，同时，对上下游河势控制作用加强。

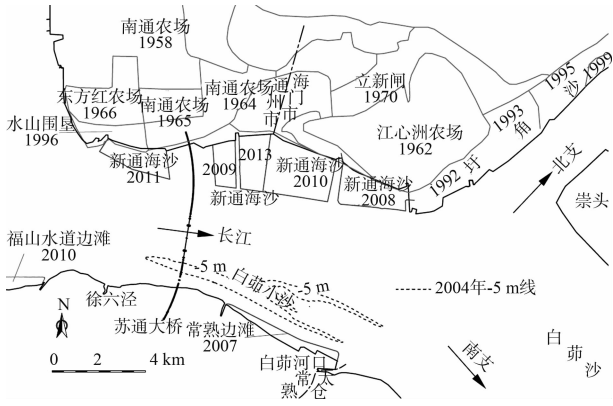


图 3 徐六泾河段岸线变化

2.2 主槽稳定性分析

徐六泾附近历史上海塘桩石等护岸工程加之江岸为抗冲性较强的黏土层，该岸段成为长江主流由北南向西东转折的导流控制段，多年来主槽位置一直稳定少变。节点断面呈“V”形，深槽居中偏右，近年常熟边滩围垦、新通海沙围垦工程后，江面缩窄，平均水深 16~17 m，断面河相关系 $\sqrt{B}/h$ 为 4 左右（表 1），处于基本稳定状态。围垦工程实施后徐六泾人工缩窄段控制作用进一步加强。

表 1 现状下徐六泾及其下游断面特征

断面位置	0 m 以下 面积/m ²	0 m 以下 河宽/m	平均 水深/m	河相关系 /B/h
徐六泾断面	74 822	4 415	16.9	3.9
徐六泾下 4.5 km 断面	82 848	5 172	16.0	4.5

2.3 洲滩演变分析

1) 白茆小沙沙体等高线变化分析。

1970—2014 年白茆小沙 -5 m 线变化见图 4。20 世纪 70 年代初, 一股较强的涨潮流入徐六泾边滩, 边滩切割形成白茆小沙上沙体。该水域处于涨、落潮流的分离区, 上游下泄的泥沙易于在此落淤, 沙体逐渐变大、下移。至 20 世纪 80 年代, 由于狼山沙不断下移、西偏, 通州沙东水道主流由通州沙东水道→狼山沙西水道转为通州沙东水道→狼山沙东水道, 增强了徐六泾礁石群附近南侧的水流动力, 沿岸深槽继续发育刷深, 白茆小沙下沙体在下移的过程中不断淤涨, 后又被分割成上、下两块沙体。此后, 下块沙体下移并靠白茆沙, 残留的上块逐渐演变成目前的白茆小沙下沙体。至此, 徐六泾—白茆河边滩演变成上、下两块沙体并列的格局。

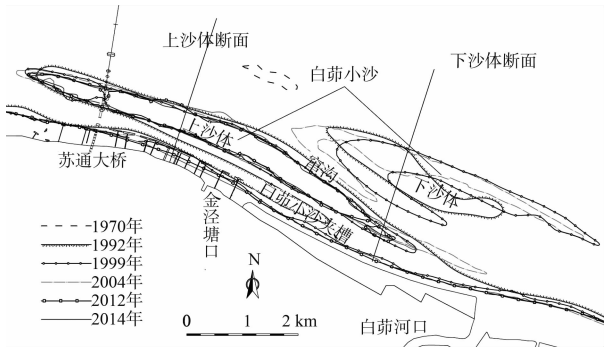


图 4 白茆小沙 1970—2014 年 -5 m 线变化

1999 年后, 由于长江上游来沙量的减少, 下游太仓沿岸围垦后致涨潮流外挑, 对下沙体的冲刷加剧, 加之人为因素影响等, 下沙体长度和宽度基本呈逐年减小的趋势。1998 年下沙体 -5 m 线长度为 5.2 km, 至 2007 年长度减小为 2.4 km, -5 m 线面积由 2.3 km² 减小为 0.6 km², 滩面高程也逐年降低, 1998—2007 年, 最高高程由 0.5 m 变为 -1.1 m (表 2)。至 2008 年 8 月, 白茆小沙

-5 m 下沙体已基本冲刷消失。2009—2012 年白茆小沙下沙体区域河床仍呈冲刷状态; 2012 年后, 冲刷趋缓, 至 2014 年处于有冲有淤的态势。

表 2 白茆小沙沙体 -5 m 线特征值

沙体	年份	面积/ km ²	长度/ km	宽度/ km	最高 高程/m
上沙体	1992	2.8	6.87	0.63	
	1998	2.8	8.29	0.52	0.6
	2001	2.6	7.96	0.46	0.0
	2004	3.0	9.15	0.55	-0.4
	2007	3.4	8.79	0.56	-0.1
	2011	2.5	7.39	0.58	-0.6
	2012	2.3	7.24	0.45	-1.4
	2014	2.2	7.20	0.49	-1.6
下沙体	1992	2.2	5.39	1.02	
	1998	2.3	5.24	1.05	0.5
	2001	2.0	4.82	1.15	-0.6
	2004	1.5	5.60	1.10	-0.4
	2007	0.6	2.40	0.30	-1.1

2) 白茆小沙沙体冲淤变化分析。

白茆小沙上、下沙体近年来冲淤厚度见表 3。2004—2014 年约 10 a 间, 白茆小沙上、下沙体冲刷约 417 万、1 917 万 m³, 合计冲刷 2 334 万 m³。其中 2004—2008 年, 上、下沙体冲刷约 123 万、1 585 万 m³; 2008—2011 年上、下沙体冲刷约 155 万、330 万 m³, 合计冲刷 485 万 m³; 2011—2014 年白茆小沙下沙体冲淤变化趋缓。

表 3 白茆小沙上下沙体近年来冲淤厚度

时间段	上沙体	下沙体	合计
2004-9—2008-5	-0.11	-0.61	-0.46
2008-5—2011-1	-0.19	-0.17	-0.18
2001-1—2012-7	-0.09	0.11	0.05
2012-7—2014-2	-0.16	-0.19	-0.18
2014-2—2014-8	0.02	0.31	0.23
2014-8—2014-11	-0.37	-0.12	-0.19
2004-8—2014-11	-0.14	-0.26	-0.23

注: 正表示淤积, 负表示冲刷。

3) 白茆小沙夹槽 (金泾塘水道) 变化。

白茆小沙夹槽是伴随白茆小沙的形成而产生的。1980 年, 由于上游主流由狼山沙西水道转为东水道, 主流汇流点的位置相应下移, 并受狼山

沙东水道主流的作用向南挤压,一股落潮流切入残留的徐六泾边滩,形成白茆小沙夹槽。该槽自形成后,一直处于较稳定的发展中(图4)。

该夹槽的落潮流动力主要来自于通洲沙西水道、狼山沙西水道和福山水道3股落潮流,其汇流区在兴华港到常熟电厂的前沿滩地附近,受狼山沙东水道的挤压作用,由徐六泾礁石群南侧进入白茆小沙夹槽。近年来,狼山沙东水道内主流偏西,落潮主流南偏,落潮流更多地进入白茆小沙夹槽下泄,由此,在夹槽进口断面槽宽未变的情况下,1993年最大水深为6.4 m,至2002年9月发展为11.3 m,冲深了4.9 m,夹槽-5 m槽上下贯通。2007年最大水深达13.5 m,此后,开始进行夹槽航道疏浚,其疏浚泥沙吹填至常熟边滩围填,2014年,最深点水深超过18 m。

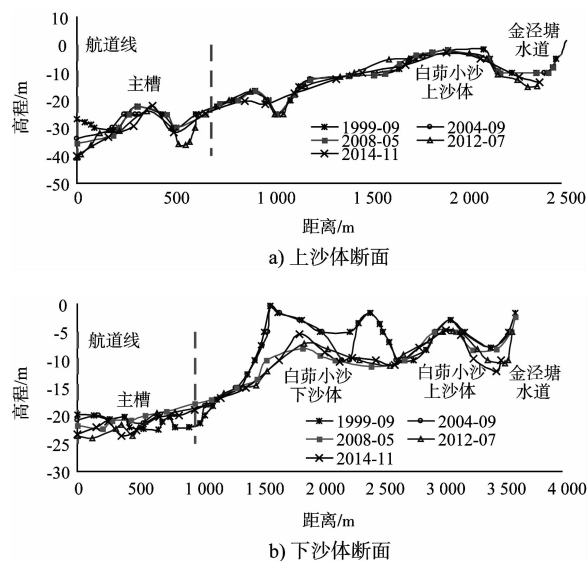
4) 白茆小沙新南槽变化。

新南槽为白茆小沙上下沙体之间的甬沟。由于白茆小沙上沙体相对稳定,而下沙体经常变动,新南槽处于不断变动中。主要靠涨潮流维持,有时上下沙体淤积相连,新南槽堵塞。1979—1990年,长江海轮航道曾走新南槽,维护水深7.1 m,但须靠疏浚才能维持。2003年上下沙体-5 m线相连,新南槽-5 m中断,2008年下沙体冲失,下沙体-5 m心滩已很小。2014年新南槽冲刷,-10 m槽贯通(图4)。

2.4 河床断面变化分析

取白茆小沙上沙体断面和下沙体断面进行分析(图4),断面比较见图5。

上沙体断面自1999年以来总体变化不大。上、下沙体间甬沟有所冲刷,滩面总体略有冲刷,金泾塘水道水深有所增加。下沙体2004—2008年冲刷严重,最大冲深达10 m以上,上沙体滩面高程有所降低。上沙体尾部总体有所受冲。白茆小沙左侧主航槽河床底高程均在-15 m以下,白茆小沙下沙体冲蚀后航槽内水深无明显变化趋势。2008—2012年,主槽局部有所冲刷增深,而白茆小沙沙体总体处于冲刷态势,2012年后,白茆小沙下沙体变化趋缓。



注: 85 基面高程。

图5 白茆小沙沙体近年来断面变化比较

3 白茆小沙演变成因及趋势预估

1) 演变原因分析。

白茆小沙近年来的变化主要表现在上沙体滩面高程降低、尾部冲刷上提,下沙体冲失。究其原因主要有以下几个方面:

① 狼山沙的下移西偏使上游主流顶冲点上提、南偏,水动力轴线的调整是白茆小沙下沙体冲刷的重要动力因素。

② 白茆沙南水道至白茆小沙附近有涨落潮流路分离的现象;加之20世纪90年代末期开始的白茆河口—钱泾口等太仓边滩圈围,理顺了岸线,涨潮流路更趋平顺,涨潮流作用增强对白茆小沙下沙体的冲刷影响也相对增大。

③ 2008—2013年间实施的新通海沙围垦工程,缩窄了徐六泾河段河宽,加强了徐六泾缩窄段河势控制作用,对南侧的白茆小沙的河床冲淤也产生了一定的影响。

④ 近年沿岸进行了诸多边滩围垦工程,如常熟边滩围垦以及福山水道边滩围垦,泥沙都取自江中,工程采砂及非法采砂等是白茆小沙下沙体冲蚀的重要人为因素。

⑤ 随着上游三峡工程的运行,上游来沙减小明显,工程河段含沙量减小,河床总体表现为冲刷下切,白茆小沙下沙体的冲刷变化与其也有一

定的联系。

2) 演变趋势分析。

近年白茆小沙上沙体有所刷低，而下沙体基本冲失，虽然进行了新通海沙围垦及常熟边滩围垦工程，但工程对白茆小沙约束作用较小，白茆小沙仍处于自然变化状态，来沙量减少使下沙体恢复难度加大，而采砂等影响将对其自然变化产生一定影响。

白茆小沙及其夹槽的演变与徐六泾人工缩窄段及上游通洲沙河段的河势演变密切相关。随着周边大型涉水工程逐步实施,在上游水沙没有大的变化条件下,白茆小沙的冲淤变化将进一步趋缓。

4 白茆小沙河道治理功能分析

根据 2010 年 12 月 14 日国务院批准水利部上报的《长江口综合整治开发规划》，徐六泾节点整治工程是长江南支上段整治工程的重要组成部分，而徐六泾节点整治工程主要包括北侧新通海沙和白茆小沙整治工程（图 6）。白茆小沙整治工程有利于稳定沙体，有利于延长徐六泾节点的控导段长度；配合北岸新通海沙整治工程可适当束窄徐六泾节点段的河宽，限制了主流的摆动，有利于总体河势的稳定。

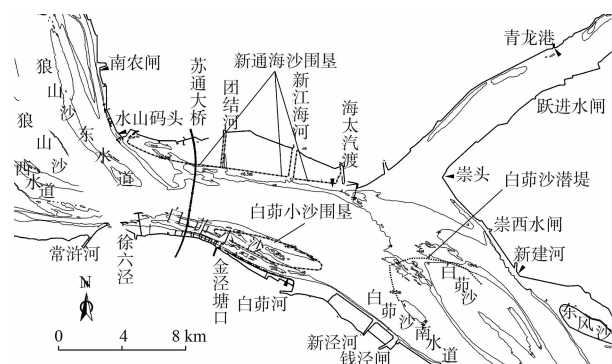


图6 徐六泾节点整治规划工程布置

从河势控制角度来说,结合长江委《长江中下游干流河道治理规划(2012年修订)》的白茆小沙固滩方案对防止白茆小沙沙体进一步冲失、

稳定白茆小沙上下沙体,增加徐六泾节点段控导的长度、形成较为稳定的白茆沙南水道进口边界是有利的。从航道角度来说,长江南京以下 12.5 m 深水航道整治一期工程的实施,狼山沙、白茆沙头部冲刷后退趋势得以控制;白茆沙南水道航槽宽度、水深满足 12.5 m 深水航道要求,实现了 12.5 m 初通的目标,且对白茆小沙影响较小。现状条件下白茆小沙下沙体冲蚀殆尽,整治难度大,现状条件下白茆小沙下沙体冲蚀殆尽,规划方案实施整治难度大。

5 结论

1) 近年来,受上游来水来沙条件变化影响,白茆小沙附近水域涨落潮水流路分离和人为干扰等因素作用下,白茆小沙上沙体滩面高程降低、尾部冲刷上提,下沙体冲失。2012 年至今,变化逐渐趋缓。

2) 目前, 本河段先后实施的涉水工程较多, 主要有苏通大桥、12.5 m 深水航道整治一期工程、通州沙西水道整治和铁黄沙整治工程, 水下地形还处于动态调整期, 建议加强观测, 及时了解白茆小沙的演变情况, 分析对河势及周边涉水工程的影响, 以便采取合适的应对措施。

参考文献:

- [1] 夏云峰, 曹民雄, 陈雄波. 长江下游三沙(福姜沙、通州沙、白茆沙)水道演变分析及深水航道整治设想[J]. 泥沙研究, 2001(6): 57-61.
- [2] 朱晓波, 夏云峰, 徐华, 等. 长江下游三沙河段河床演变规律及其关联性分析[J]. 水道港口, 2013(5): 413-419.
- [3] 杜德军, 夏云峰, 夏益民, 等. 白茆小沙及徐六泾节点整治工程潮汐河工模型试验研究[C]//中国海洋工程学会. 第十三届中国海洋(岸)工程学术讨会议论文集. 北京: 海洋出版社, 2007: 493-497.
- [4] 徐照明, 陈前海. 徐六泾节点及白茆沙河段整治方案研究[J]. 人民长江, 2009(13): 3-5.

(本文编辑 武亚庆)