

南沙头通道及横沙通道对长江口深水航道的影响分析

陈维¹, 匡翠萍¹, 顾杰², 秦欣²

(1. 同济大学 土木工程学院, 上海 200092; 2. 上海海洋大学 海洋科学学院, 上海 201306)

摘要: 根据长江口南沙头通道、横沙通道和南北槽分汉口的断面水深变化及长江口南北港和南北槽的分流比变化实测资料, 分析了长江口北槽深水航道淤积的原因。结果表明, 北槽深水航道上段淤积受多种因素影响, 其中, 南沙头通道和横沙通道的发展对深水航道影响最大。南沙头通道的发展在加大落潮流量的同时, 对南港南岸会产生一定的冲刷, 后经沙洲的阻挡, 把泥沙带向南港北岸, 在北槽进口段处落淤, 直接影响了进入深水航道的落潮量; 横沙通道由于直接贯通了北槽北槽的水沙交换, 因而削弱了南港和北槽之间的水沙交换, 促使北槽深水航道上段产生淤积, 这也是南槽河道上段刷深的一个主要原因, 而南槽河道的发展必然减少了进入北槽的落潮量, 进一步加剧了北槽深水航道上段的淤积。同时, 科氏力与北槽南导堤分流口鱼咀工程对深水航道也造成了一定的不可忽视的影响。研究成果对治理北槽深水航道淤积问题保障深水航道正常运行具有十分重要的科学实践意义。

关键词: 南沙头通道; 横沙通道; 深水航道; 河势; 冲淤变化

中图分类号: P737.12 文献标识码: A

文章编号: 1000-3096(2013)04-0075-06

自从 1998 年长江口北槽深水航道工程开工建设以来, 对长江口局部地区水动力条件特别是南支产生了很大的影响, 许多学者对北槽水动力及泥沙特性做了相关的研究^[1-5], 严以新等^[6]根据长江口深水航道治理工程一、二、三期及远景规划, 对南北槽河势的发展进行了分析计算, 认为北槽落潮分流比将维持在 48%左右; 郁微微等^[7]建立了一个长江口二维潮流场数值模型, 分别对深水航道工程实施前后进行了计算, 计算结果表明深水航道工程对长江口流速及南北槽进口断面潮量的影响较大; 刘杰等^[8]对长江口深水航道治理一期工程实施后北槽冲淤进行了分析, 认为一期工程实施后北槽上段河床进入冲刷调整期; 郑宗生等^[9]利用地理信息系统建立了不同时期的长江口水下数字高程模型, 对长江口北槽航道水下地形变化进行了定量分析, 认为一、二期工程完成后, 增加了主槽流速, 减少了航道回淤; 杜景龙等^[10]在地理信息系统软件 mapinfo 的支持下, 分析了北槽深水航道工程对九段沙冲淤演变的影响, 认为九段沙东侧水下三角洲受工程的影响, 淤积速率持续降低并且底端发生冲刷。

目前, 北槽深水航道上段淤积较为严重, 本文根据南沙头通道水深变化、横沙通道断面水深变化、南北槽分汉口断面水深变化、南北港分流比变化及南北槽分流比变化实测资料来分析北槽深水航道上段淤积的原因。

1 长江口北槽深水航道工程介绍

长江口是一个分汉型河口, 它是在径流量大、泥沙丰富、潮流亦强的特定条件下形成的^[6]。长江口在徐六泾以下, 由崇明岛分隔为南支和北支, 南支河段在浏河口以下又被长兴岛和横沙岛分隔为南港与北港, 南港在九段以下再被九段沙分隔为南槽与北槽, 形成三级分汉、四口入海的格局^[1](图 1)。

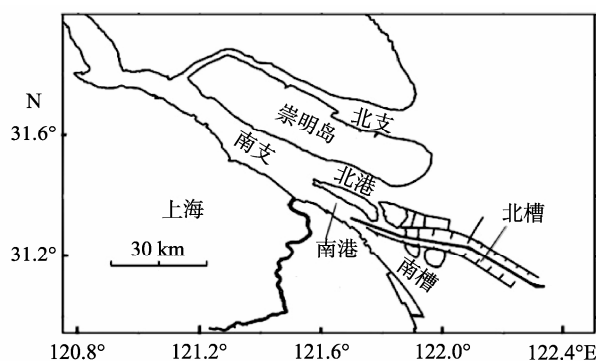


图 1 长江口河势现状图

Fig. 1 The Changjiang River Estuary

收稿日期: 2011-11-14; 修回日期: 2013-01-30

基金项目: 上海市教委重点学科项目(J50702)

作者简介: 陈维(1987-), 女, 湖南常德人, 博士研究生, 主要从事河口海岸及港口工程研究; 顾杰, 通信作者, 男, 教授, 博士, 江苏兴化人, 主要从事水文、海岸工程和环境工程等研究, E-mail: jgu@shou.edu.cn

长江口深水航道工程分为三期, 一期工程于 1998 年 1 月 27 日正式开工, 至 2000 年 3 月完成, 修筑南导堤 30.0 km、北导堤 27.89 km, 建丁坝 10 座, 总长 11.19 km, 在分流口修筑鱼咀工程南线堤 1.6 km, 潜堤 3.2 km, 航道底宽扩宽至 300 m(口外段 350 m), 水深从 7 m 达到 8.5 m, 航道长达到 51.77 km。二期工程于 2002 年 4 月开工, 至 2004 年 12 月完成, 南导堤向外延伸至 48.077 km, 北导堤向外延伸至 49.2 km, 新建二期丁坝 9 座, 总长 14.3 km, 续建一期丁坝 5 座, 总加长 4.6 km, 航道底宽扩宽至 350 m(口外段 400 m), 设计水深 10.0 m, 航道总长 74.47 km。三期工程于 2006 年 9 月 30 日开工, 在长兴岛尾南侧新建 2 km 的长兴潜堤, 疏浚航道 90.8 km, 形成全长 92.2 km、宽 350~400 m、水深 12.5 m 的双向航道(图 2)^[11]。

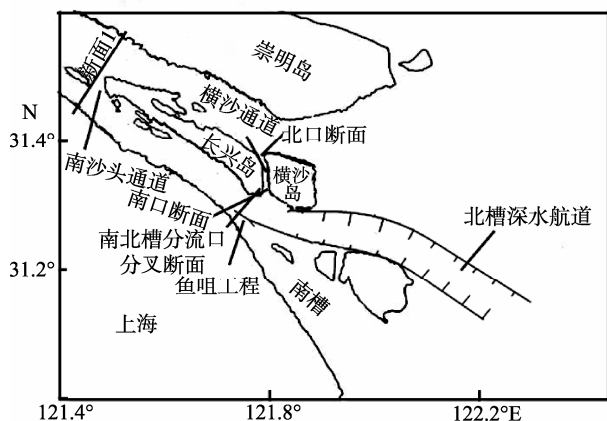


图 2 长江口深水航道工程示意图

Fig. 2 Sketch map of deepwater navigation channel in the Changjiang River Estuary

2 长江口河势演变分析

2.1 南支河势演变分析

南支河段以七丫口为界分为上、下两段。上段全长约 35.0 km, 为双分叉河型, 河段相对稳定。下段全长 35.5 km, 又称三沙河段(扁担沙、新浏河沙、中央沙), 为多分叉河型, 是长江口最不稳定的河段, 具体表现为洲滩游移不定(俗称三沙游荡), 动力条件复杂, 滩槽易位, 冲淤多变^[12]。扁担沙分河道为南支主槽和新桥水道。南支主槽在宝山水库附近分三股水流分别进入南、北港, 其中新浏河沙与南岸之间为新宝山水道, 通往南港; 新浏河沙与中央沙之间

为南沙头通道, 通往南港; 扁担沙与中央沙之间的通道为新桥通道, 是通往北港的主要水道。

2.1.1 南沙头通道对南港及北槽的影响

1979 年洪水后, 扁担沙南部的沙体在落潮流顶冲下脱离扁担沙, 成为心滩沙洲, 称南沙头, 南沙头与中央沙之间的南沙头通道也随之形成。1986 年, 新浏河沙体与南沙头合并, 称新浏河沙^[12]。

图 3 为南沙头通道处横断面 1983~2005 年的水深变化图^[13], 起点距离是从南到北, 从图中可以看出, 该断面处于南、北港分叉口处, 河势一直处于不稳定状态。1983~1984 年, 南港主河道基本上位于河道中央, 南沙头通道水深大致在 8~10 m; 1986 年, 南港主河道深泓向北偏移, 受此深泓偏移的影响, 新浏河沙向北移动, 南沙头通道最深处水深维持在 10 m 左右; 到了 1995 年, 南港原主河道严重淤积, 近南岸河床受到冲刷成为主河道, 深泓靠南岸, 南沙头通道受到冲刷, 水面拓宽, 最深处超过 12 m; 两年后(1997 年), 南港近南岸的主河道被淤积, 河道深泓偏向北岸, 而南沙头通道被淤积, 最深处仅 5 m, 且通向北港的通道被刷深; 至 2005 年, 南沙头通道渐被刷深, 最深处达 14 m。此后数年, 南沙头通道一直在扩大。2008 年, 南沙头通道入口实施了护底工程, 目的是为了抑制该通道的发展, 同时也为了归顺南港水流, 但南沙头通道的水流对南港河道的影响却仍然存在着不确定的因素。

图 4 是南、北港 1958~2007 年 50 年间的落潮流分流比变化过程, 从图中可以看出, 1958 年至 1963 年, 南、北港分流比接近 50%, 南、北港分流处于较为稳定的时期。1964 年开始北港分流比大于南港, 直至 1979 年两者分流比又基本相等, 但自从 1979 年南沙头通道形成后, 从 1980 年至 1994 年, 北港分流比小于南港, 南沙头通道起到了增加南支水流进入南港的作用。1995 年至 2002 年, 北港分流比增大, 且大于南港, 这期间南沙头通道得到拓宽, 新宝山水道淤积严重, 南沙头通道对新宝山水道的影响不可忽视。特别是 2002 年, 北港分流比远大于南港, 南沙头通道不仅刷深, 其入口也向北明显偏移。2007 年, 南港分流比有所增大, 这与南沙头通道动摇不定仍然存在着一定的关系。

现南沙头通道与南港南岸的夹角约为 45° ^[14], 落潮时, 由于增加了横向流速, 不仅对新宝山水道水流产生一定的抑制作用, 同时由于横向流速会产

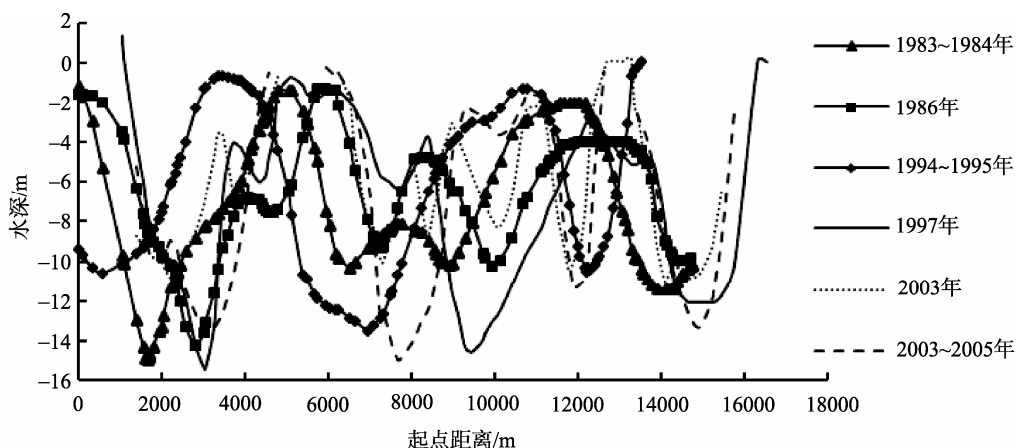


图3 南支南沙头通道横断面1从1983~2005年水深变化图

Fig. 3 Water depth variation along a cross-section of the Nanshatou Passage in the South Branch from 1983 to 2005

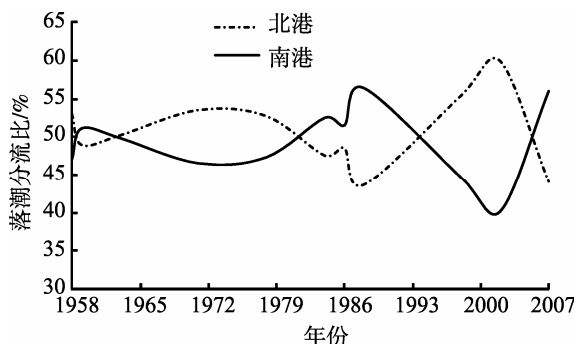


图4 南、北港1958~2007年落潮分流比变化过程

Fig. 4 Ebb flow split ratios of the South and the North Channel from 1958 to 2007

生环流，增加了水流在南港的停留时间，这对泥沙向下输送产生不利的影响；此外，南沙头通道水流对南港南岸也会产生一定的冲刷作用，经南岸沙洲的阻挡及黄浦江水流的作用，把泥沙带向南港北岸，在北槽进口段前产生淤积；此外落潮流由于此沙洲的影响，流向偏向南槽，减弱了进入北槽深水航道的水量，从而引起北槽深水航道上段的淤积。

2.1.2 横沙通道对北槽的影响

横沙通道为1954年特大洪水造床作用在口门地区与北槽同期塑造的新生汊道，位于长兴岛和横沙岛之间，是长江口水域唯一一条独立的、南北向连通的通道，两侧分别连接长江口最大的两个入海通道——北港与北槽，是北港和北槽入海前的勾通交换渠道，也是它们之间进行水沙交换的重要通道。目前该通道平均宽约1200m，长约8000m，贯通水深约

为10m^[12]。

近半个世纪以来，横沙通道经历了冲刷扩大、中段淤积及束窄加深3个阶段，横沙通道发展变化的原因是由于河口汊道潮波变形引起的相位差，表现形式为横向汊道两端存在横比降，且北口潮差大于南口。而南北水位的差值洪季大于枯季，大潮大于小潮。潮差及潮汐相位的不同组合，使得横沙通道的水流产生较大的变化。当水面横比降减小时，通道涨落潮流速减缓，导致悬沙淤积，反之则引起河底冲刷。特别是北港深槽往南摆移，有利于潮流与横沙通道的交换，对横沙通道的水深变化起着重要的作用。

图5是横沙通道南北口横断面1997~2009年水深变化^[15]，起点距离是从西到东，从北口断面可以看出：1997年，横沙通道北口断面河宽约为1000m，河型呈“V”型，深泓偏横沙岛一侧，最大水深约为14m；2001年，北口断面整体被冲刷，刷深范围为1~2m，横沙岛一侧冲刷程度较长兴岛一侧大，且深泓向横沙岛一侧偏移了100m左右；2004年，北口断面总体冲刷，深泓向横沙岛一侧偏移，河道扩宽约200m；2009年，北口断面进一步冲刷，深泓再向横沙岛一侧偏移，深泓刷深约2m左右。总体而言，横沙通道北口断面从1997到2009年，总体冲刷，主河道向横沙岛一侧偏移。从南口断面可以看出，1997年，横沙通道南口断面河宽约为1200m，最大水深为8m，为“U”型深槽，深泓偏向长兴岛一侧；2001年，南口断面整体冲刷，河宽扩宽明显，约为1800m，断面刷深，且近岸处冲刷较深，中间高凸，形成2个“V”型深槽，最大水深超过12m；2004年，南口断

面整体继续被冲刷,深槽下切,且断面中间冲刷较大;至2009年,两深槽略有下切,但断面中间淤积严重,淤积厚度达4 m。河道断面形态变化这么大,可能与2007年建成的长兴岛潜堤有关。长兴潜堤工程是长江口深水航道治理三期工程的一个组成部分,位于长兴岛东南角沙咀滩面上,建设长度约1.84 km。由于潜堤对流的阻挡作用,落潮时,断面水位两端会出现水位差,且长兴岛水位高于横沙岛水位,横沙通道里产生横向流动且出现环流,将长兴岛一侧的泥沙带向中间,从而引起河道中间严重淤积。

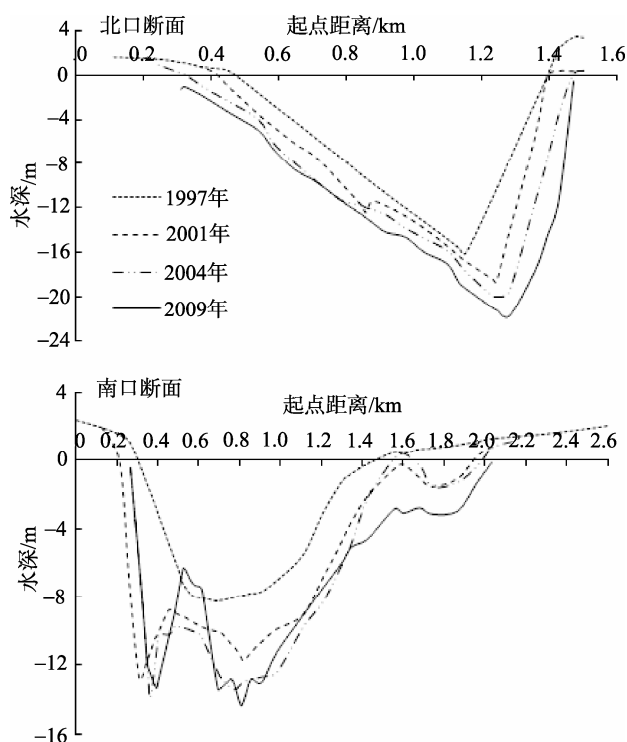


图5 横沙通道典型横断面1997~2009年水深变化图
Fig. 5 Water depth along the cross-section of the Hengsha Passage from 1997 to 2009

从横沙通道南北两个断面冲淤变化情况来看,断面冲刷变化趋势基本一致,说明整个横沙通道冲刷变化趋势与此相当,即横沙通道过水流量在深水航道工程后有所增加。而横沙通道流量的增大,对北槽上段进口段涨落潮进出水量会产生影响,即减小了北槽进口段涨落潮水量,而北槽进口段水量的减少,表现在水流速度上会有所减小,从而产生泥沙的落淤。

2.1.3 科氏力及北槽南导堤分流口鱼咀工程对北槽的影响

李国英^[16]在分析黄河河势演变时,认为科氏力

的长期影响不容忽视,并指出在堤防的结构设计、河道整治线路规划及其控导工程设计、入海流路选择及工程布局规划等生产实践中应该特别加以注意。

长江口属中等强度的潮汐河口,潮汐为非正规半日浅海潮,每日两涨两落,且有日潮不等现象,在径流作用下,一般落潮流速大于涨潮流速,从而造就了以落潮水流作用为主的落潮槽,如南支南、北港主槽等^[17]。在科氏力的作用下,落潮主流呈南偏,涨潮主流呈北偏,即主流往右偏移,使河口各汊道进出潮量出现差异,如南支、南港进出潮量一般大于北支、北港进出潮量,并使河口的南汊道刷深、扩宽,呈发展趋势,北汊道则日渐淤浅、束窄,呈衰退趋势。

北槽南导堤分流口鱼咀工程方向略偏北,与科氏力对水流的作用方向基本吻合。落潮时,一部分水流被导向南槽,在科氏力及北槽南导堤分流口鱼咀工程共同作用下,对南槽的发展起到了促进作用;涨潮时,涨潮流顺分流口鱼咀工程方向将南槽泥沙带向长兴岛一侧,即北槽进口段前,而南槽的发展在南北槽涨潮流汇合时,又抑制了北槽涨潮流在南支争夺水量的水势,从而促使泥沙在北槽上段进口段落淤。

2.2 南北槽河势变化分析

图6是南北槽分汊口处横断面1998年和2006年水深图^[8]。起点距离是从南到北。1998年,北槽深泓位于北槽中央,最深水深达15 m,南槽平均水深约为8 m,北槽过水断面大于南槽,北槽比南槽有更优越的河势条件;与1998年相比,2006年北槽进口段大幅度淤积,且北侧淤积幅度大于南侧,深泓整体向南移动,最深水深由原来的15 m左右减至12 m

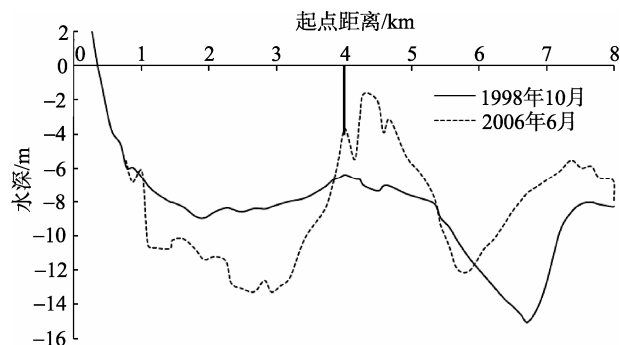


图6 南、北槽分汊口处横断面1998年、2006年水深图
Fig. 6 Water depth variation along the inlet cross-section of the North and the South Passage in 1998 and 2006

左右, 而南槽进口段河槽却普遍冲刷, 冲刷深度最大达 4 m。分析南北槽过水断面变化结果, 南槽过水断面增大较多, 而北槽过水断面减小, 且南槽过水断面大于北槽, 即南槽获得了比北槽更优越的河势动力。

图 7 为南、北槽分流口断面 1998~2006 年落潮分流比变化过程^[8], 从图中可以看出, 在深水航道工程开工建设之前, 北槽的分流比约为 60%, 南槽的分流比约为 40%, 北槽比南槽的水流条件优越。但一期工程建设结束(2000 年 8 月)后, 北槽水势有所减弱, 南槽得到加强, 南北槽分流比逐渐趋于平衡; 二期工程(2002 年 4 月)开工建设后, 北槽水势减弱南槽水势加强这一趋势在加重, 南槽分流比开始大于北槽, 南槽得到了充分发展; 至 2006 年, 北槽分流比已由原来的 60%左右减为 45%左右, 而南槽分流比约为 55%, 南槽河势占据了优势。如果这一发展趋势维持下去, 对长江口深水航道会产生较为严重的影响。

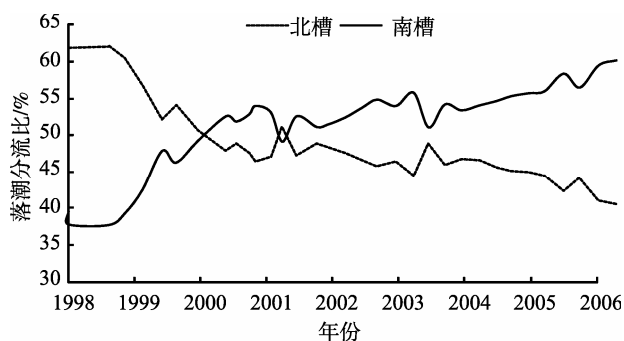


图 7 南、北槽分流口断面 1998~2006 年落潮分流比变化过程

Fig. 7 Ebb flow split ratios of the South Passage and the North Passage from 1998 to 2006

3 结语

本文根据实测资料对北槽深水航道上段入口段淤积原因进行了分析, 北槽入口段淤积受多种因素的作用, 其中南沙头通道、横沙通道、科氏力及北槽南导堤分流口鱼咀工程的共同作用应该是造成淤积的主要原因。因此, 治理北槽深水航道淤积问题, 应该从这些方面入手, 才能保证北槽深水航道正常运行。

参考文献:

- [1] 吴华林, 沈焕庭, 茅志昌. 长江口南北港泥沙冲淤定量分析及河道演变[J]. 泥沙研究, 2004, 3: 75-80.
- [2] Liu Gaofeng, Zhu Jianrong, Wang Yuanye, et al. Tripod measured residual currents and sediment flux: Impacts on the silting of the deepwater navigation channel in the Changjiang Estuary [J]. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 2011, 93(3): 92-101.
- [3] 刘杰, 徐志杨, 赵德招, 等. 长江口深水航道(一、二期工程)回淤变化[J]. 泥沙研究, 2009, 2: 22-28.
- [4] 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(自然科学版), 2010, 5: 679-684.
- [5] 时钟, 李世森. 垂向二维潮流数值模型及其在长江口北槽的应用[J]. 海洋通报, 2003, 22(3): 1-7.
- [6] 严以新, 高进, 诸裕良, 等. 长江口深水航道治理与河床演变关系初探[J]. 河海大学学报, 2001, 29(5): 7-12.
- [7] 郁微微, 杨洪林, 刘曙光, 等. 深水航道工程对长江口流场的影响[J]. 水动力学研究与进展 A 辑, 2007, 6: 709-715.
- [8] 刘杰, 陈吉余, 徐志扬. 长江口深水航道治理工程实施后南北槽分段河床演变[J]. 水科学进展, 2008, 5: 605-612.
- [9] 郑宗生, 周云轩, 沈芳. GIS 支持下长江口深水航道治理一、二期工程对北槽拦门沙的影响分析[J]. 吉林大学学报, 2006, 36(1): 85-90.
- [10] 杜景龙, 杨世伦, 张文祥, 等. 长江口北槽深水航道工程对九段沙冲淤影响研究[J]. 海洋工程, 2005, 23(3): 78-83.
- [11] 范期锦, 高敏. 长江口深水航道治理工程的设计与施工[J]. 人民长江, 2009, 40(8): 25-30.
- [12] 恽才兴. 长江河口近期演变基本规律[M]. 北京: 海洋出版社, 2004.
- [13] 李芳. 基于 GIS 的长江河口近期冲淤演变分析[D]. 上海: 同济大学土木工程学院, 2008.
- [14] 李玉中, 陈沈良. 长江口瑞丰沙串沟成因分析[J]. 华东师范大学学报(自然科学版), 2010, 6: 1-11.
- [15] 程海峰, 刘杰, 赵德招. 横沙通道近期河床演变及趋势分析[J]. 水道港口, 2010, 31(5): 365-369.
- [16] 李国英. 黄河河势演变中科氏力的作用[J]. 水利学报, 2007, 38(12): 1409-1413.
- [17] 陈志昌, 乐嘉钻. 长江口深水航道整治原理[J]. 水利水运工程学报, 2005, 1: 1-7.

Influences of the Nanshatou Passage and the Hengsha Passage on sediment deposition in deepwater navigation channel of the Changjiang River Estuary

CHEN Wei¹, KUANG Cui-ping¹, GU Jie², QIN Xin²

(1. College of Civil Engineering, Tongji University, Shanghai 200092, China; 2. College of Marine Sciences, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China)

Received: Nov., 14, 2011

Key words: the Nanshatou Passage; the Hengsha Passage; deepwater navigation channel; river regime; deposition and erosion

Abstract: On the basis of the measured data of water depth in the Nanshatou Passage, the Hengsha Passage, and the inlet cross-section of the North Passage and the South Passage, the flow spilt ratios of the North Channel and the South Channel, and the North and the South Passage, the reasons for the sediment deposition in the deepwater navigation channel of the Changjiang River Estuary were analyzed. The sediment deposition in the deepwater navigation channel of the Changjiang River Estuary was affected by multi-factors. Among these factors, the influences of the development of the Nanshatou and the Hengsha Passage were significant. The development of the Nanshatou Passage led to the increase of the ebb flow discharge and scouring of the southern bank of the South Channel, the scoured sediment was carried by the ebb flow to the northern bank of the South Channel, and was silted in the entrance reach of the North Passage, which decreased the ebb flow volume entering the deepwater navigation channel. The development of the Hengsha Passage caused the increase of sediment and water exchange between the South and the North Passage, which weakened the sediment and water exchange between the South Channel and the North Passage, and enhanced the sediment silting in the upper reach of the deepwater navigation channel. The development of the Nanshatou Passage and the Hengsha Passage also caused the scour of the upper reach of the South Passage, which weakened the ebb flow entering the North Passage and further strengthened the sediment deposition in the upper reach of the deepwater navigation channel. On the other hand, the Coriolis force and V-shaped diversion dike at the head of the deepwater navigation channel were also important factors on effect of the deepwater navigation channel. The research results were very meaningful on regulating the sediment deposition in the deepwater navigation channel of the Chang jiang River Estuary.

(本文编辑: 刘珊珊)