

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

郑宗生¹,周云轩^{1,2},沈芳¹

1. 华东师范大学,河口海岸国家重点实验室,上海 200062

2. 吉林大学,地球探测科学与技术学院,长春 130026

摘要:将1995~2003年间10幅不同时期的长江口海图资料数字化,利用地理信息系统(ArcInfo8.3)相应的模块进行处理,建立起不同时期的长江口水下数字高程模型。以此作为基础资料,从横断面、深泓线纵剖面以及平面变化等不同角度,对长江口北槽航道水下地形变化进行定量分析。结果表明:整治一期工程完成后,增加了主槽流速,减少了航道回淤,北槽形成了一条深8~10 m的微弯深槽,水深基本稳定。二期工程基本保持了一期工程的河势,河床断面未发生重大调整。

关键词:GIS;长江口;深水航道;拦门沙

中图分类号:U612

文献标识码:A

文章编号:1671-5888(2006)01-0085-06

A GIS-Supported Study of the Influence on the North Passage Bar after Executing Yangtze Estuary Deepwater Channel Regulation Phase I & II Project

ZHENG Zong-sheng¹, ZHOU Yun-xuan^{1,2}, SHEN Fang¹

1. State Key Laboratory of Estuarine and Coastal Research, East China Normal University, Shanghai 200062, China

2. College of GeoExploration Science and Technology, Jilin University, Changchun 130026, China

Abstract: A number of charts of the Yangtze Estuary in the period of 1995-2003 are digitized. Supported by GIS tools (ArcInfo8.3), digital elevation models (DEM) of the Yangtze Estuary are then established with the Kriging girding method. Based on the DEM, underwater terrain variations of North Passage of the Yangtze Estuary are modeled quantitatively through various representations, including cross-sections, thalweg sections, and overall terrain variations. It is in an attempt to quantify the scouring and silting sediment distribution and its variations in the mouth bar area of North Passage prior and after the First Phase of Yangtze Estuary Deepwater Channel Regulation Project. The results show that the 1st phase regulation project has increased the velocity of flow and reduced the sedimentation of the channel, and it has also resulted in an 8-10 m microbending trough. The 2nd-phase regulation project has retained the form of 1st-phase one with less modification in the profile of the channel.

Key words: GIS; Yangtze Estuary; deepwater channel; mouth bar

收稿日期:2005-03-10

基金项目:国家“973”项目(973-2002CB412403);教育部高等学校优秀青年教师教学科研奖励计划项目

作者简介:郑宗生(1980-),男,河北人,博士研究生,主要从事自然地理学研究

通讯联系人:周云轩(1962-),男,江苏泰县人,教授,博士生导师,主要从事应用地球物理和地理信息系统应用的教学与研究,E-mail:zhouyunxuan@jlu.edu.cn.

0 引 言

由于长江口拦门沙水深不足,限制了进出长江口船舶的尺度,严重制约了长江三角洲区海运事业的发展。1992 年“长江口拦门沙航道演变规律与整治技术研究”列入国家“八五”科技攻关计划,于 1993 年月 12 月完成研究报告,取得了长江口水沙运动和河床演变规律的系统认识,得出将北槽作为深水航道先行治理在技术上是可行的科学结论,提出了治理原则及治理方案,为长江口深水航道治理工程奠定了基础^[1]。长江口深水航道治理工程选定南港北槽,采用了在江亚心滩顶部建设南北槽分流口,以南、北两条宽间距导堤加长丁坝,结合疏浚成槽的总体方案,打通北槽拦门沙并最终在北槽形成水深 12.5 m 的深水航道。长江口深水航道治理一期工程于 1998 年 1 月 27 日开工,建造南、北导堤各 1 条共长 58 km,丁坝 6 座(N1~N3,S1~S3)共长 5.96 km,后又增建 4 座(N4、N5、S4、S5)(图 1),疏浚航道 51.77 km,将航道水深 7 m 增深到 8.5 m。2000 年 3 月整治建筑物完工,7 月进行了试航,2002 年 9 月,一期工程通过了国家竣工验收。二期

工程于 2002 年 4 月底开工,工程总投资 63.77 亿元,工期 3 年,将建成北导堤 21.31 km,南导堤 18.077 km,丁坝总长 10 km,形成底宽 350~400 m、水深 10 m 的航道 73.45 km^[2]。

在河口地区,当河水注入海洋时因与周围水体相互作用而消耗其动量导致水流速减小,输沙能力降低,因而泥沙发生沉积,河口拦门沙是普遍存在的自然现象。长江口北槽航道拦门沙处在涨、落潮流两股动力相持地区,咸淡水交汇所产生的密度流使得处于拦门沙航道段的水流和泥沙动力明显不同于其上游陆相和下游海相的航道路段,北槽纵向存在两个拦门沙段^[3]。自然状态下,北槽航道内外两个拦门沙的位置相对稳定,顶高程在-6.0 m 左右时,上游下泄的悬沙和向下输移的底沙大都扩散输移到水下三角洲及更远的海域。虽然前人在长江口拦门沙的成因及其预报^{[4]①}等方面已做了不少工作,但对长江口一期工程实施后北槽拦门沙变化仅有少数人^[1]作过研究,而对二期工程的影响尚未有人作过研究。

本文拟在前人工作的基础上,收集历史资料和最新图件,用 GIS 技术处理收集到的海图资料,建

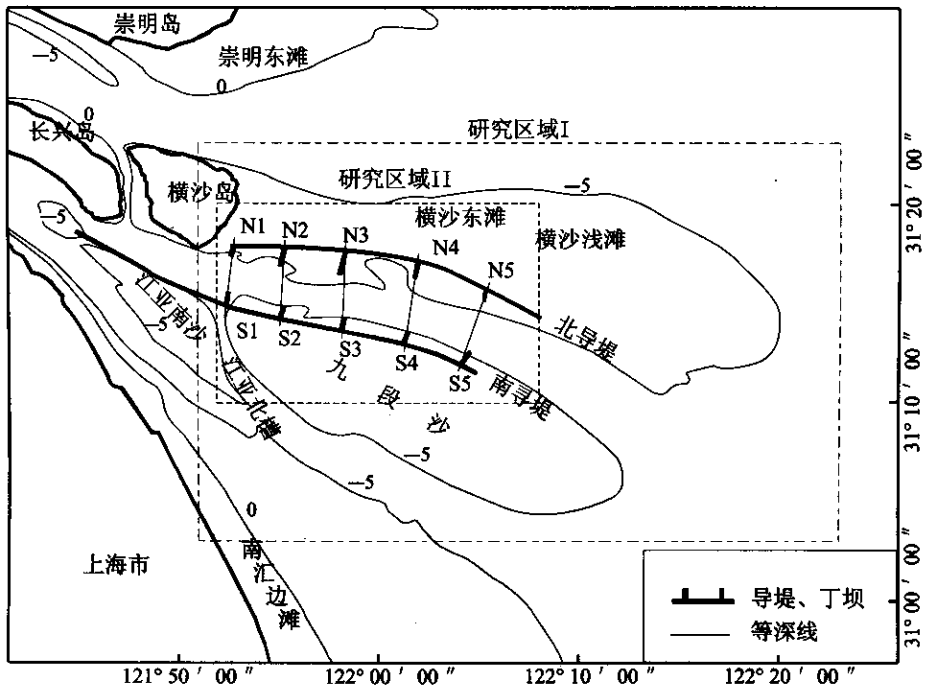


图 1 长江口深水航道一期整治工程位置和本文研究区域示意图

Fig. 1 Location of the first phase regulation project of Yangtze River and the outline of study areas

① 上海航道局. 长江口拦门沙航道演变规律研究, 1994.

立长江口北槽地区的数字地形模型,通过生成的精确剖面及准确的冲淤量计算,揭示一期工程前后北槽的冲淤动态。此项研究有助于加深整治工程作用下长江口北槽拦门沙演变规律的认识,希望对已经开始实施的长江口深水航道治理二期工程及即将开始实施的三期工程提供参考。

1 数据获取与研究流程

利用高精度扫描仪对交通部安全监督局、海事局所测 1995 年 12 月—2003 年 5 月拦门沙区水深图件进行扫描,产生各年水深栅格影像图幅。再通过数字化获取矢量数据。在数字化过程中众多原因可导致错误数据的录入。对此,采取质量控制措施,如应用 ARCMAP 中提供的基于数据属性的查询功能,通过输入异常值的范围来找出异常值并加以修改。此外,通过设定一定的拓扑规则来检查相交的等深线等错误^①。随机抽样 50 个点,进行重复数字化,数据误差分析显示深度误差小于 3.112 m,能够满足工程分析的精度。

由于各年所测水深栅格图的范围不同,为对各

年拦门沙规模和形态等要素进行对比分析,需对各年图件范围进行比较,选出一个共同的范围,作为拦门沙研究区域的一个大的背景环境。为了全面的研究北槽的拦门沙变化情况,本文选取了研究区域 I: $121^{\circ}51' \sim 122^{\circ}23'$, $31^{\circ}03' \sim 31^{\circ}23'$ 作为大的研究区域。同时,为了提高局部地区精度,选取研究区域 II: $121^{\circ}52' \sim 122^{\circ}08'$, $31^{\circ}10' \sim 31^{\circ}20'$ 作为第二个研究区域(图 1)。

利用地理信息系统(GIS)的方法进行数据处理。采用美国环境系统研究所(ESRI)的地理信息系统产品 ARC/INFO 软件,用其提供的相应模块完成矢量数据录入、拓扑关系生成等前期处理工作,并在此基础上,采用 Kriging 内插技术^[5]建立不同时期的长江口北槽地区 DEM,从 DEM 可以输出剖面图、冲淤分布图以及进行冲淤量的计算。具体过程见图 2。

通过 ARC/INFO 平台,可对拦门沙区域面积、体积、坡度等进行分析,通过对拦门沙面积、体积的分析,再通过高程数据,可推算年间拦门沙的冲淤量,并产生年间冲淤趋势图。对比河槽的纵横断面,

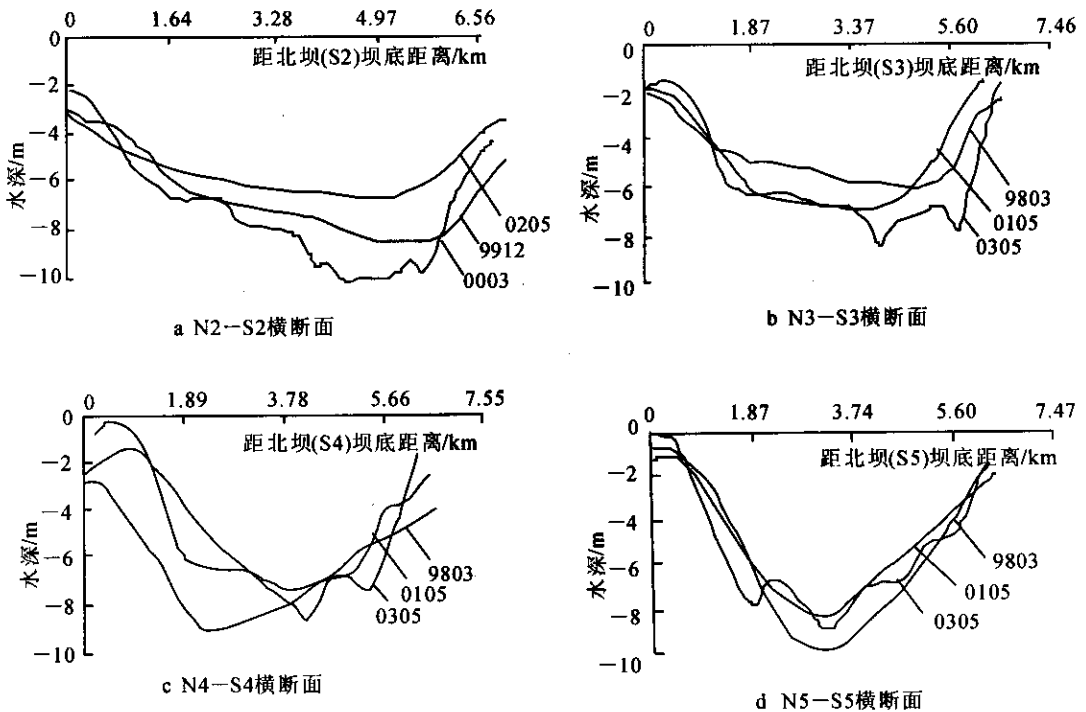


图 2 北槽北坝(N)一南坝(S)间的地形在一期工程前后不同年份的变化曲线

Fig. 2 Cross-sections of North passage show the underwater terrain of North passage in different years

图中曲线标注的数字前两位是年份,后两位是月份

① ArcGIS World 技术园地. 2000

可以了解河床演变情况。通过对各年拦门沙底图进行叠加,可以清楚地分析拦门沙在研究年内的演变情况。根据各年河道数据、制作河道矢量图,再进行叠加,还可对河道的变迁进行研究。

2 应用结果分析

2.1 基于 GIS 的一期工程前后北槽横断面变化分析

选取一期北导堤和南导堤 4 个丁坝连线作为断面,分别是一期工程的北坝(N2)—南坝(S2)、北坝(N3)—南坝(S3)、北坝(N4)—南坝(S4)和北坝(N5)—南坝(S5)。具体断面位置参见图 1。北槽横断面的水深和形态在一期工程前后的变化如图 2 所示。从图 2 中可以看出,一期的导堤和丁坝建成后,北槽的断面普遍加宽,除个别年份局部回淤外,全槽水深基本维持在 9 m 左右。图 2b~d 可非常清晰地看到坝头的冲刷沟。从图 2c 断面图可以看出,此处深泓线在一期工程的丁坝建成后向南有明显移动。主要原因是横沙东滩窄沟的封堵,消除了横向通道的影响,减少了从此处下泄的泥沙,使深泓线更贴近航槽。图 2d 中整个河槽基本稳定,最大水深逐年稳步变化,且基本维持在 N5 以北 3.1 km 处。

2.2 基于 GIS 的一期工程前后及二期工程实施过程中拦门沙纵剖面分析

水深数据经 Kriging 插值得到水深分布图,图 3 表示北槽航道不同年份的深泓线变化。将不同年份的插值数据做代数运算,比如作两个年份的水深代

将代数运算结果沿航道中心线做剖面图,便得到两个年份的冲淤沿航道中心线的分布(图 4)。这些步骤都是在 ARCGIS 中应用 Spatial Analyst 分析模块来实现。从 1995~1999 年的剖面图(图 4a)可以看出,在 N4—S4 断面附近是航道的冲淤转换处,从此向上的北槽上段(横沙岛尾—东滩窄沟上游 2 km)在冲刷,最大的冲刷深度可达到 1.5 m。相反,此断面下的北槽中段(横沙东滩窄沟附近约 10 km 河段)则在淤积。最大的淤积深度可达 2.0 m。较为集中的原因有:(1)横沙东滩西淤东冲及北导堤北侧沿堤流冲刷挟带的泥沙由窄沟进入北槽;(2)北槽上段一期导堤偏短,掩护区内河床冲刷,水流出导堤掩护区扩散,造成泥沙在此段的落淤^[6]。1999~2001 年剖面发生了一些变化,北槽上段继续保持冲刷的趋势,而冲淤转换点向北槽下段移动。除在 N4—S4 断面处有小的淤积外,北槽下段由原来的淤积改为冲刷趋势(图 4b)。在一期工程疏浚和二期工程实施过程中,即对应的 2001~2003 年的剖面图中,我们可以看出整个北槽航道呈普遍的冲刷趋势,而且冲刷程度基本维持在 1.0m 左右(图 4c)。可见二期工程在一个相对稳定的河势之下进行,一期工程造成的河床断面在二期工程的实施过程中得以保持。

2.3 基于 GIS 的一期工程前后及二期工程实施中拦门沙的平面变化分析

在 2 m 等深线分布图上(图 5a),从 1999 年开始横沙浅滩西部的 2 m 等深线不断向东摆动,造成了横沙浅滩的切滩。北导堤的南侧和北侧 2 m 冲刷沟明显。从 5 m 等深线可以看出(图 5b),1999 年以后,5 m 等深线逐渐向南北导堤两侧靠拢,2001 年以后等深线基本重合,没有发生大的变动。证明北槽容积正在被逐步加宽,河势趋于稳定。

对 1995~1999 年的冲淤分布作进一步分析,发现横沙浅滩西部和横沙东滩东部的窄沟淤积最严重,同时泥沙向北槽下段输送,造成北槽下段大范围的淤积。与此相反,一期工程北导堤下段冲刷较严重。其它的冲刷区主要分布在沿南线导堤附近。1999~2003 年的冲淤分布发生了较大的变化,原来淤积厉害的横沙东滩窄沟开始冲刷,沿北导堤北侧出现不同程度的冲刷沟。北槽中由于窄沟泥沙造成的淤积也在慢慢减少,北槽下段也出现了一定程度的冲刷。北导堤下段的严重冲刷,开始回淤。北槽上段以大范围的冲刷为主,航道中的冲刷更为明显。

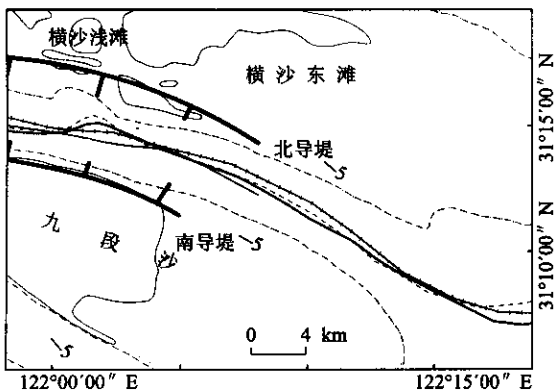


图 3 北槽航道深泓线冲淤分布

Fig. 3 Scouring and silting sediment distribution along thalweg of North passage

数相减运算,即获得这两个年份的冲淤分布。然后,

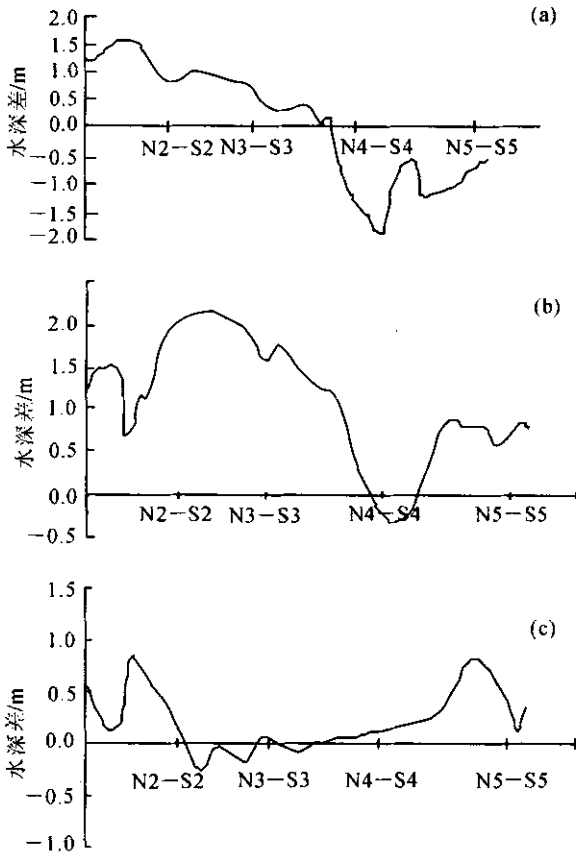


图 4 北槽航道深泓线变化图

Fig. 4 Thalweg variations of North passage

图中横坐标表示的断面位置参见图 1; (a) 1995~1999 年沿航道深泓线纵剖面; (b) 1995~2001 年沿航道深泓线纵剖面; (c) 2001~2003 年沿航道深泓线纵剖面

坝头处冲刷较大, 而坝田内则在淤积。而 2001~2003 年的冲淤分布则以大范围的冲刷为主, 没有较严重的冲刷和淤积带存在, 整个北槽的冲淤分布比较均匀, 最大的冲刷深度和淤积深度都没有超过 2 m。除南线导堤的丁坝坝田有较轻微的淤积外, 整个一期工程范围内的北槽都以轻微的冲刷为主。

2.4 冲淤量和冲淤部位分析

通过 ARC/INFO 的 3D Analyst 模块的 Area and Volume 命令可以实现河槽容积的计算。用此功能计算理论深度基准面以上 2 m 以下的河槽容积 V , 不同年份河槽容积之差则为河槽泥沙的冲淤量。本文选择的计算范围为一期工程 and 二期工程在建的北导堤和南导堤包围的多边形区域。计算结果见表 1。

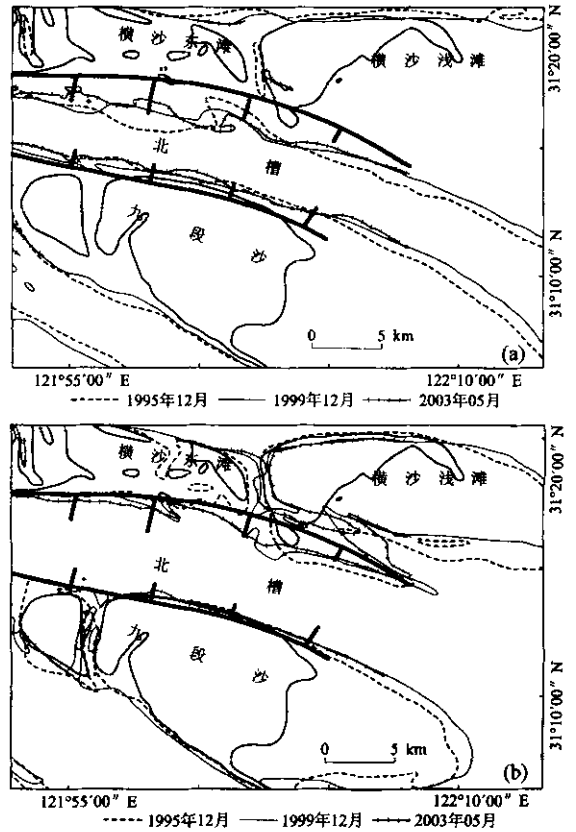


图 5 北槽航道 2m(a) 和 5m(b) 等深线分布图

Fig. 5 2m (a) and 5m (b) isobath contours of North passage

表 1 长江口北槽地区冲淤量计算结果

Table 1 Estimated quantities of scouring and silting in North passage of Yangtze River Estuarine

时间段/年-月	冲淤体积/ 10^5m^3	冲淤量/ 10^5t
1995-12~1999-12	3.218	3.926
1999-12~2002-05	-7.012	-8.554
2002-05~2002-07	1.148	1.400
2002-07~2002-11	-1.524	-1.860
2002-11~2003-02	0.339	0.413
2003-02~2003-05	1.118	1.364

负号表示冲刷, 其中冲淤量包括疏淤量。

从冲淤情况看, 由于 1998、1999 年长江连续两年大洪水, 造成北槽上、中段航道拦门沙大量淤积, 淤积量达到了 39.36 万 t。一期工程实施后, 北槽上段及中段河床普遍冲刷, 冲刷带走的泥沙及疏淤的泥沙达到了 85.54 万 t。一期工程实施以后以及在二期工程的实施过程的中冲淤量基本维持在 20 万 t 左右, 河床断面调整基本完成。

3 结 论

以不同时期的数字化海图(1995~2003)为主要数据源,应用地理信息系统,对北槽拦门沙受长江口深水航道治理一期、二期工程的影响进行定量分析后,得出如下结论:

(1)北槽上段:此段为一期丁坝区。丁坝工程实施后,全河槽普遍加深,南侧冲深幅度大于北侧,深泓线偏在南侧的南丁坝附近(图 3)。1999 年 12 月前,此段时期丁坝坝身尚未开工,江亚北槽基本封堵,南导堤拦截了江亚北槽的大部分落潮流,归入北槽下泄,故紧贴南导堤一侧发生冲刷,航槽水深未见增深。1999 年 12 月到 2003 年 5 月,南北导堤作用效应的发挥,特别是 S1、S2、S3、N1、N2、N3 6 条丁坝工程实施的作用,该河槽持续冲刷,航槽增深 2~3 m,作用效果明显^[7]。2001 年 8 月到 2003 年 5 月即一期工程即将完工到二期工程开工一年这段时间,一期丁坝段的冲刷趋于缓和,河床基本稳定,该区段上段航槽水深已在 9~10 m 之间(图 2a~d)。

(2)北槽中段:一期工程实施以来,在没有封堵横沙东滩窄沟情况下北导堤施工到横沙东滩窄沟处停留时间相对较长,造成北导堤北侧横沙东滩窄沟西侧局部滩地严重冲刷,冲刷泥沙大部分带入横沙东滩窄沟以下的北槽中段,加上一期工程整治段河床的冲刷调整下移的大量底沙及一期北导堤封堵横沙东滩窄沟后北槽中段水流动力的减弱后悬沙淤积的影响,北槽中段一直处于严重淤积状态,淤积体呈东南—西北走向。1999 年 12 月到 2001 年 11 月随着 N4、N5、S4、S5 4 条丁坝的完工,S4 以下航槽水深显著增加,增加幅度达到 1 m(图 3b)。

(3)北槽下段:从一期工程开工至 1999 年 12 月,受上游工程段河槽冲刷的影响,进入本段的局部来沙量明显增加,河槽容积、平均水深都有较大幅度的减小。1999 年 12 月到 2003 年 5 月,北槽下段有明显的季节性冲淤变化^[7],而 5 m 以下的河槽平均水深基本稳定(图 2d)。二期工程基本上保持了一期工程的河势,河床断面没有发生非常重大的调整。

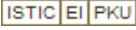
此外,利用地理信息系统研究河口冲淤变化与传统方法相比具有效率高、精度高的优点。值得进一步探讨的是数字化过程中数据的自动纠错,以及在制作拦门沙剖面图时,坐标如何采用空间坐标以及计算冲淤量时二维的平面坐标与 DEM 的高程坐

标单位的统一问题。

参考文献(References):

- [1] 郭豫鹏,顾勇.长江口深水航道治理一期工程介绍[J].水运工程,2000(12):3-9.
GUO Yu-peng, GU Yong. Design of Yangtze Estuary deepwater channel regulation phase I project[J]. Port & Waterway Engineering, 2000(12):3-9.
- [2] 严恺.开辟长江口深水航道建立上海国际航运中心[J].中国工程科学,1999,1(2):30-33.
YAN Kai. Create deep navigation channel at the Yangtze Estuary, establish Shanghai international navigation centre[J]. Engineering Science, 1999, 1(2):30-33.
- [3] 刘杰,乐嘉海,胡志峰,等.长江口深水航道治理一期工程实施对北槽拦门沙的影响[J].海洋工程,2003,21(2):58-64.
LIU Jie, LE Jia-hai, HU Zhi-feng, et al. The influence on the north passage bar after executing the first phase regulation project of the Yangtze Estuary[J]. The Ocean Engineering, 2003, 21(2):58-64.
- [4] 沈金山,朱珍珠,张新琴.长江口南槽拦门沙的成因和演变[J].海洋与湖沼,1983,14(6):582-590.
SHEN Jin-shan, ZHU Zhen-mei, ZHANG Xin-qin. Origin and evolution of the entrance sandbars in the South passage of the Changjiang River Estuary[J]. Oceanologia et Limnologia Sinica, 1983, 14(6):582-590.
- [5] 张莉莉,李九发,吴华林,等.长江河口拦门沙冲淤变化过程研究[J].华东师范大学学报(自然科学版),2002(2):73-80.
ZHANG Li-li, LI Jiu-fa, WU Hua-lin, et al. Study on sediment erosion and deposition in the mouth bar area, Changjiang Estuary[J]. Journal of East China Normal University(Natural Science), 2002(2):73-80.
- [6] 周海,郭豫鹏.长江口深水航道治理一期工程设计简介[J].水运工程,2002(10):65-69.
ZHOU Hai, GUO Yu-peng. Yangtze Estuary deepwater channel regulation phase I project design[J]. Port & Waterway Engineering, 2002(10):65-69.
- [7] 王谷谦,阮伟,周海,等.长江口深水航道治理一期工程整治效果分析[J].水运工程,2002(10):70-76.
WANG Gu-qian, RUAN Wei, ZHOU Hai, et al. Regulation effect analysis of Yangtze Estuary deepwater channel regulation Phase I project[J]. Port & Waterway Engineering, 2002(10):70-76.

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

作者: [郑宗生](#), [周云轩](#), [沈芳](#), [ZHENG Zong-sheng](#), [ZHOU Yun-xuan](#), [SHEN Fang](#)
作者单位: [郑宗生, 沈芳, ZHENG Zong-sheng, SHEN Fang \(华东师范大学, 河口海岸国家重点实验室, 上海, 200062\)](#), [周云轩, ZHOU Yun-xuan \(华东师范大学, 河口海岸国家重点实验室, 上海, 200062; 吉林大学, 地球探测科学与技术学院, 长春, 130026\)](#)
刊名: [吉林大学学报 \(地球科学版\)](#) 
英文刊名: [JOURNAL OF JILIN UNIVERSITY \(EARTH SCIENCE EDITION\)](#)
年, 卷(期): 2006, 36(1)
被引用次数: 2次

参考文献(9条)

1. [郭豫鹏, 顾勇](#) [长江口深水航道治理一期工程介绍](#)[期刊论文]-[水运工程](#) 2000(12)
2. [严恺](#) [开辟长江口深水航道建立上海国际航运中心](#) 1999(02)
3. [刘杰; 乐嘉海; 胡志峰](#) [长江口深水航道治理一期工程实施对北槽拦门沙的影响](#)[期刊论文]-[海洋工程](#) 2003(02)
4. [沈金山; 朱珍珠; 张新琴](#) [长江口南槽拦门沙的成因和演变](#) 1983(06)
5. [张莉莉; 李九发; 吴华林](#) [长江河口拦门沙冲淤变化过程研究](#)[期刊论文]-[华东师范大学学报\(自然科学版\)](#) 2002(02)
6. [周海; 郭豫鹏](#) [长江口深水航道治理一期工程设计简介](#)[期刊论文]-[水运工程](#) 2002(10)
7. [王谷谦; 阮伟; 周海](#) [长江口深水航道治理一期工程整治效果分析](#)[期刊论文]-[水运工程](#) 2002(10)
8. [上海航道局](#) [长江口拦门沙航道演变规律研究](#) 1994
9. [ArcGIS World技术园地](#) 2000

本文读者也读过(10条)

1. [刘杰](#), [徐志杨](#), [赵德招](#), [程海峰](#), [LIU Jie](#), [XU Zhi-yang](#), [ZHAO De-zhao](#), [CHENG Hai-feng](#) [长江口深水航道\(一、二期工程\)回淤变化](#)[期刊论文]-[泥沙研究](#)2009(2)
2. [李洪灵](#), [张鹰](#), [LI Hong-ling](#), [ZHANG Ying](#) [长江口深水航道30年空间特征变化研究](#)[期刊论文]-[地理与地理信息科学](#)2005, 21(6)
3. [杜景龙](#), [杨世伦](#), [张文祥](#), [李鹏](#), [赵华云](#), [DU Jing-long](#), [YANG Shi-lun](#), [ZHANG Wen-xiang](#), [LI Peng](#), [ZHAO Hua-yun](#) [长江口北槽深水航道工程对九段沙冲淤影响研究](#)[期刊论文]-[海洋工程](#)2005, 23(3)
4. [周海](#), [张华](#), [阮伟](#), [ZHOU Hai](#), [ZHANG Hua](#), [RUAN Wei](#) [长江口深水航道治理一期工程实施前后北槽最大浑浊带分布及对北槽淤积的影响](#)[期刊论文]-[泥沙研究](#)2005(5)
5. [王兆华](#), [杜景龙](#), [WANG Zhaohua](#), [DU Jinglong](#) [长江口深水航道一、二期工程建设以来北槽河段的冲淤演变](#)[期刊论文]-[海洋通报](#)2006, 25(6)
6. [张志林](#), [阮伟](#), [刘桂平](#), [邱珍英](#), [陈鹏](#), [闵凤阳](#), [ZHANG Zhi-lin](#), [RUAN Wei](#), [LIU Gui-ping](#), [QIU Zhen-ying](#), [CHEN Peng](#), [MIN Feng-yang](#) [长江口北支近期河势演变与航道资源开发研究](#)[期刊论文]-[海洋工程](#)2009, 27(2)
7. [严以新](#), [高进](#), [诸裕良](#), [郑金海](#) [长江口深水航道治理与河床演变关系初探](#)[期刊论文]-[河海大学学报\(自然科学版\)](#)2001, 29(5)
8. [茅志昌](#), [武小勇](#), [赵常青](#), [郭建强](#), [MAO Zhi-chang](#), [Wu Xiao-yong](#), [ZHAO Chang-qing](#), [GUO Jian-qiang](#) [长江口北港拦门沙河段上段演变分析](#)[期刊论文]-[泥沙研究](#)2008(2)
9. [刘杰](#), [陈吉余](#), [徐志扬](#), [LIU Jie](#), [CHEN Ji-yu](#), [XU Zhi-yang](#) [长江口深水航道治理工程实施后南北槽分段段河床演变](#)[期刊论文]-[水科学进展](#)2008, 19(5)
10. [郁微微](#), [杨洪林](#), [刘曙光](#), [戚定满](#), [YU Wei-wei](#), [YANG Hong-lin](#), [LIU Shu-guang](#), [QI Ding-man](#) [深水航道工程对](#)

引证文献(2条)

1. 李九发, 戴志军, 刘启贞, 李为华, 吴荣荣, 赵建春 长江河口絮凝泥沙颗粒粒径与浮泥形成现场观测[期刊论文]-泥沙研究 2008(3)
2. 和玉芳, 程和琴, 陈吉余 近百年来长江河口航道拦门沙的形态演变特征[期刊论文]-地理学报 2011(3)

引用本文格式: 郑宗生, 周云轩, 沈芳, ZHENG Zong-sheng, ZHOU Yun-xuan, SHEN Fang 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[期刊论文]-吉林大学学报(地球科学版) 2006(1)