

基于 GIS 长江口北港河段冲淤变化的可视化分析

王艳姣 张 鹰 陈 荣

(南京师范大学地理科学学院,江苏 南京 210097)

摘要 利用 GIS 技术,建立长江口北港 1973~2003 年间不同时期的水下数字高程模型,以此作为基础资料,通过叠合分析不同时期的水下地形图,得到长江口北港不同时段相对的河床冲淤分布图,分析了长江口北港 30 年来河道的冲淤变化和演变情况,并计算了河道泥沙冲淤量。结果表明,GIS 技术是研究河床演变规律的一种行之有效的可视化方法。北港河段在 1973~2003 年间整体呈冲刷之势,泥沙冲刷量为 1.58 亿 m^3 ,平均每年冲刷 0.05 亿 m^3 。北港河床航道稳定性较差,受南、北港分汊口演变的影响,北港河床逐渐演变。洪水在北港河槽演变过程中起着重要的作用。

关键词 长江口北港;冲淤变化;可视化分析

中图分类号:P333.3

文献标识码:A

文章编号:1000-198X(2006)02-0223-04

在径流和潮流的相互作用下,长江口自徐六泾以下形成三级分汊、四口入海的格局。历史上南支主流常在两汊间摆动,造成航道更迭。北港作为长江口二级分汊河道之一(见图 1)随着南支主流的摆动,其频繁活动的底沙引起河床剧烈演变,对航道淤浅、港口码头建设等产生了不同程度的影响。自 1949 年以来,我国许多河口研究工作者对长江河口进行了大量的观测研究,其中很多成果涉及北港的演变规律^[1-3]。陈吉余等^[3]根据水动力条件对北港的河道演变进行了分析,提出开发北港的有关措施;钟修成^[4]根据 1915~1976 年地形和水文资料,探讨了长江口南北港汊道水流和泥沙分配规律,阐述了分汊河段河床的摆动与水流和泥沙分配规律的联系;张艳杰^[5]对 1973~1997 年长江口北港冲淤演变规律进行了定量研究,利用地理信息系统(GIS)及地图可视化技术分析了河道容积变化、底沙输移路线及输移距离;吴华林等^[6]根据 1842~1997 年多幅不同年代的长江口南北港地区海图资料,利用 GIS 技术和数字化仪进行处理,分析了南北港河槽容积与分汊口演变的互动关系以及南北港河槽演变过程。北港地处长江口深水航道上游,其水沙量的变化和冲淤演变都将对深水航道产生一定的影响。由于对北港演变过程的研究有限,所以本文选择北港作为研究区,研究其近 30 年的冲淤演变规律。

1 研究区概况

为了便于对北港进行量化研究,研究区选取长江口北港河段(图 1 中 ABCD 所示区域),其经纬度范围为:121°34'39"E~122°4'26"E,31°19'07"N~31°31'07"N。北港作为长江口三级分汊的第二级,在径流、海潮、泥沙和地转偏向力等诸多因素的影响下,底沙活动频繁,由此引起局部河床的冲淤变化^[7-8]。

2 研究资料和方法

2.1 资料

根据研究区的地理位置,选取 1973~2003 年多幅长江口海图资料中的 9 幅进行分析。海图资料情况见

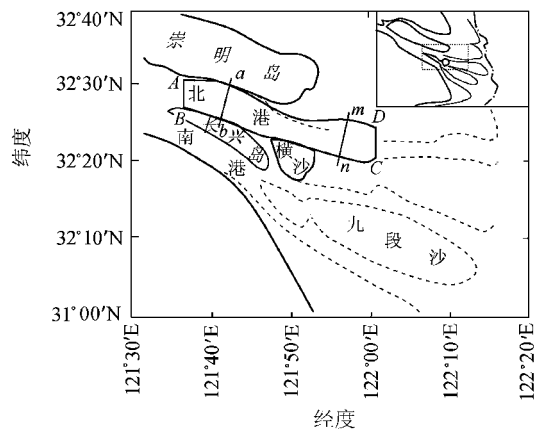


图 1 研究区域示意图

Fig.1 Sketch of studied area

表 1.

2.2 方法

利用 GIS 技术结合数字高程模型 (DEM) 数据,分析长江口北港 30 年来河道的冲淤变化和演变情况,具体过程如下:
(a) 在 mapinfo 运行环境下,对扫描后的 9 幅海图资料进行几何配准和数字化,经过处理后得到长江口河道高程数据库.(b) 冲淤量计算.在 Arcview 软件中利用所得的高程数据,采用 Kringing 内插方法对原始数据进行加密,生成规则的直角型网格,最终生成北港河道数字地形模型 (DEM) 的空间数据库.将不同年份 DEM 的高程进行叠合分析,得到不同年份之间相对的冲淤变化图,并计算不同年份间河道的冲淤量.(c) 对河道进行任意横断面切割计算,生成断面数据库,分析对比河道多年横断面变化.

3 冲淤变化分析

3.1 冲淤量的变化

本文利用 GIS 技术对 1973 ~ 2003 年的数字高程模型进行叠合分析,并计算泥沙冲淤量,得到 1973 ~ 1978 年、1978 ~ 1982 年、1982 ~ 1987 年、1987 ~ 2003 年和 1973 ~ 2003 年研究区的冲淤分布图 (图 2,图中负号表示冲刷,正号表示淤积) 和冲淤量 (表 2).

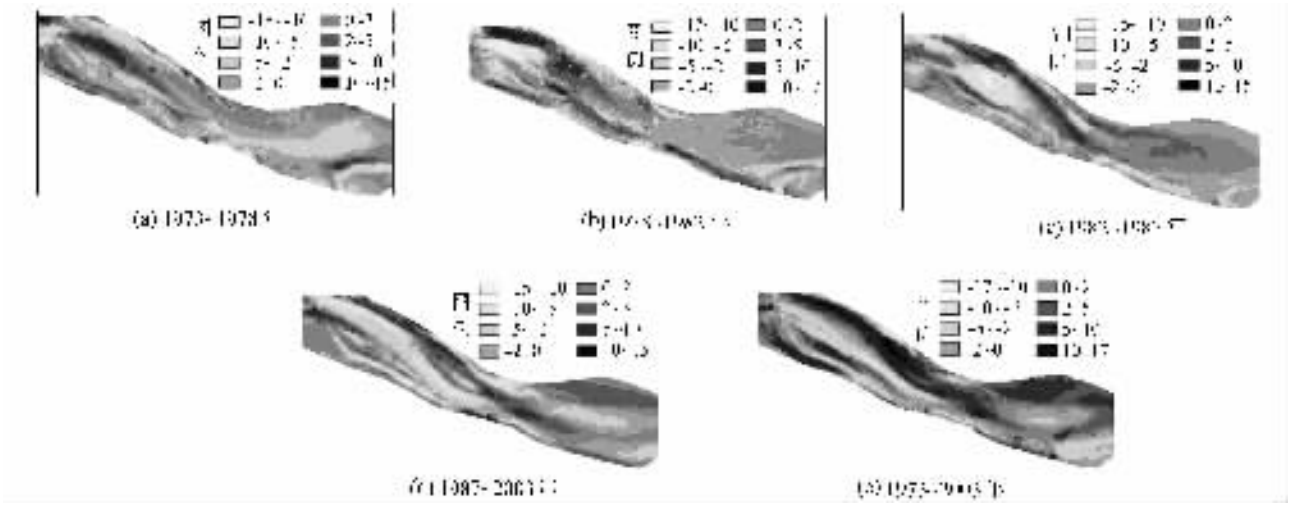


图 2 北港河段冲淤分布(单位:m)

Fig.2 Scouring and siltation in North Channel

表 2 不同时段北港研究区冲淤量

Table 2 Volume of scouring and siltation in North Channel for different periods								
年际	淤积量/ 亿 m ³	冲刷量/ 亿 m ³	净冲淤量/ 亿 m ³	年均冲淤量/ 亿 m ³	淤积面积/ 亿 m ²	淤积面积/ 总面积	冲刷面积/ 亿 m ²	冲刷面积/ 总面积
1973 ~ 1978	3.421	4.874	- 1.453	- 0.291	1.756	0.423 0	2.395	0.587 0
1978 ~ 1982	4.679	4.616	0.063	0.011	2.077	0.500 4	2.074	0.499 6
1982 ~ 1987	5.160	4.559	0.601	0.120	2.212	0.532 9	1.939	0.477 1
1987 ~ 2003	5.636	6.427	- 0.791	- 0.142	1.934	0.467 4	2.217	0.532 6
1973 ~ 2003	6.408	7.989	- 1.581	- 0.053	1.942	0.467 8	2.209	0.532 2

注:负值表示冲刷,正值表示淤积.

由图 2 可见不同时段北港河段的冲淤变化情况,明显看出不同时段北港河段的冲淤区域,以及相应区域的冲刷深度.从图 2(e) 可以看出,在 1973 ~ 2003 年期间,北港河段北岸主要以淤积为主,其他区域的特征在图上表现得比较复杂.由表 2 可以看出,北港河段河槽在 1973 ~ 2003 年间整体为冲刷态势,泥沙冲刷量为

1.58 亿 m^3 , 平均每年冲刷 0.05 亿 m^3 . 在整个研究时段内, 除了 1978 ~ 1982 年和 1982 ~ 1987 年间, 河槽略有淤积外, 其他时段河槽均为冲刷. 其中在 1982 ~ 1987 年间淤积量较大, 平均每年淤积约 0.12 亿 m^3 . 结合图 3 c) 可以看出, 河道的淤积区主要分布在河道的北岸及下游地区, 其原因可能是由于 1983 年洪水的造床作用, 使新桥通道发展成为南支分流北港的主要通道, 导致中央沙北水道彻底消亡, 造成大量泥沙进入北港河道.

相对淤积而言, 1973 ~ 1978 年和 1987 ~ 2003 年间的冲刷量较大, 特别是在 1973 ~ 1978 年间北港河段的年均冲刷量最大, 达 0.29 亿 m^3 . 结合图 3 a) 和 (d) 可以看出, 北港河段在 1973 ~ 1978 年间河道的南岸和北岸及下游地区都呈冲刷之势; 而在 1987 ~ 2003 年间, 由于 1998 ~ 1999 年 2 a 洪水过程, 河槽进一步分化, 深槽与沙脊相间平行排列^[5], 但整个河道还是以冲刷为主. 此外, 从表中可以看出, 从 1973 ~ 2003 年的 30 a, 冲刷的总面积略大于淤积面积, 冲刷面积占总面积的 53%, 但从总体上看还是表现为此消彼长, 大体保持动态平衡.

3.2 横断面变化

选择在长兴岛中部和横沙东部沿垂直河道方向做剖面 ab 和 mn (见图 1), a , b , m 和 n 的坐标分别为 a (121.71°E 31.50°N), b (121.67°E 31.43°N), m (122°E 31.42°N) 和 n (121.97°E 31.33°N). 由图 1 可见, 北港河段 ab 断面处, 河槽北岸和中部水深变化较复杂, 而河槽南岸变化不大. 相对于 1973 年而言, 1978 年河槽北岸被冲刷, 水深加深, 中部淤积. 至 1982 年, 这一变化加剧, 河槽北岸深水槽北移, 冲刷加剧, 而中部继续淤积. 河道北岸水深由 1973 年的 -10 m 左右, 加深到 1982 年的 -15 m; 中部由于不断淤积, 水深由 1973 年的 -8 m 左右, 变为 1982 年的 0 m. 之后由于 1983 年的洪水造床作用使得河道中部不断被冲刷, 北岸淤积, 至 1987 年, 河道深水槽已由北岸转移到了中部, 中部的水深被冲刷至 -10 m 左右. 至 2003 年, 河道中部继续被冲刷, 深水槽进一步加深、加宽, 北岸仍不断淤积. 在 1973 ~ 2003 年期间, 河道南岸水深变化不大, 冲淤变化基本保持平衡. 由以上分析可见, 北港河槽上段从 1973 ~ 2003 年间, 深水槽的位置处于不断的变化中, 近 10 年来, 河槽中部不断加深、加宽, 在一定程度上有利于航道的发展与利用. 由图 3 可以看出, 1973 ~ 2003 年期间, 北港河段下部河势相对稳定, 河槽水深变化不大. 相对于 1973 年而言, 1978 年河槽北岸略有淤积, 而中部被冲刷; 之后南岸不断被冲刷, 河槽加深. 至 2003 年, 北岸进一步淤积, 而中部和南岸被冲刷出两个深水槽, 深度约为 8 m.

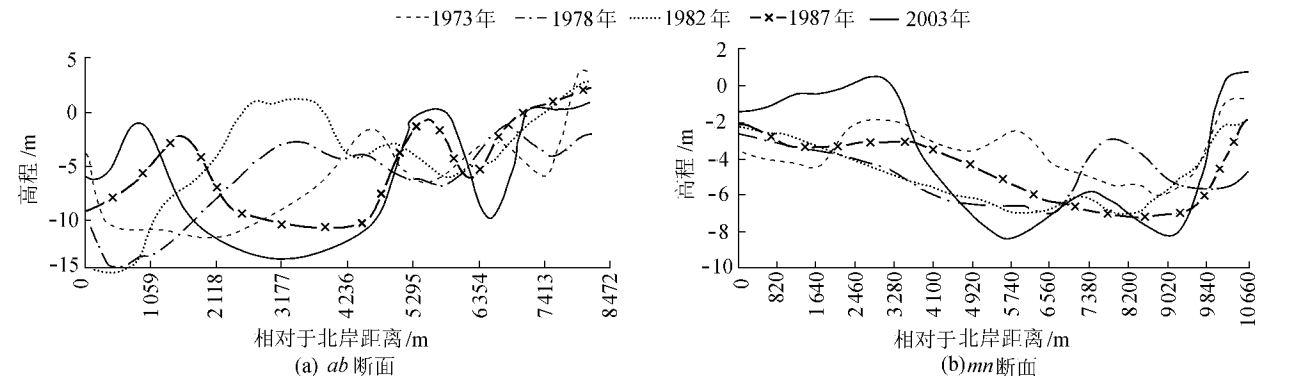


图 3 长江口北港断面 ab 和 mn 的深度变化

Fig.3 Depth change of cross section ab and mn of North Channel

本文的研究结果在一定程度上反映了洪水的造床作用. 洪水期间, 由于河槽内来水、来沙量增大, 影响了河流的泥沙动力平衡系统, 洪水切滩冲刷后产生的泥沙将严重影响河道的冲淤变化. 1983 年长江流域发生的洪水, 可能是造成 1987 年北港河床形态相对于 1982 年发生很大变化的原因. 而后 1998 ~ 1999 年 2 a 的洪水继续了造床作用, 在一定程度上延续了 1983 年的影响, 继续以前的冲刷或淤积.

4 长江口北港河床演变分析

长江口北港的冲淤演变与其分汉口的演变息息相关, 往往是分汉口沙体的移动和冲淤导致南北港分流分沙格局的改变, 进而破坏北港河道已有的冲淤平衡, 造成河床冲淤. 历史上南支主流常在两汉间摆动, 北港随南支主流的摆动, 其底沙活动非常频繁, 引起河床剧烈演变. 1973 年的长江大水, 由于水流的顶托, 中央沙

沙头不断蚀退,中央沙北水道东移,轴线逆时针旋转,与南支主泓交角变大,行水不畅。北港涨潮槽被下泄洪水袭夺,水流过横沙后向南偏转,横沙东滩涨潮槽转化为落潮槽,北港下段的淤积体向海推移,泄洪能力有所恢复。1976~1979年,强劲的径流在中央沙北水道上游切出南门通道,1980~1982年又在中央沙北水道与南门通道间切出新桥通道。冲切新桥通道而分离的扁担沙尾逐渐与中央沙相连,从此中央沙北水道彻底消亡,南北港分汉口上提约10 km。目前新桥通道仍是南支进入北港的主要通道。之后虽然南北港分流口得到控制,长江南岸崇明、长兴、横沙3岛护岸工程相继生效,但1998~1999年连续2年的洪水过程,仍使北港河槽断面进一步分化,深槽与沙脊相间排列(见图3),长江口北港河道已由顺直微弯的河槽转化为复式河槽。

5 结 论

- a. GIS及可视化技术是研究河床演变规律的一种行之有效的方法,可视化、形象化程度较高。
- b. 北港河段在1973~2003年间整体呈冲刷之势,泥沙冲刷量为1.58亿 m^3 ,平均每年冲刷0.05亿 m^3 。在整个研究时段内,除了1978~1982年和1982~1987年间,河槽略有淤积外,其他时段均处于冲刷状态。
- c. 北港河床航道稳定性较差,受南、北港分汉口演变的影响,北港河床逐渐演变,洪水造床作用在北港河槽演变过程中起着重要的作用,涨落潮流作用强度的大小,也影响泥沙的迁移堆积。

参考文献:

- [1] 黄胜. 长江口演变特征[J]. 泥沙研究, 1986(4): 1-11.
- [2] LI Jiu-fa, SHI Wei-rong, SHEN Huan-ting, et al. The bedload movement in Changjiang Estuary[J]. China Ocean Engineering, 1993, 7(4): 441-450.
- [3] 陈吉余, 恽才兴, 徐海根, 等. 两千年来长江口发育的模式[J]. 海洋学报, 1979, 1(1): 103-111.
- [4] 钟修成. 长江口南北港分汉口与汉道演变及其相互影响[J]. 地理学报, 1985, 40(1): 51-59.
- [5] 张艳杰. 基于GIS的长江口北港冲淤演变规律的定量分析研究[J]. 海洋信息, 2004(2): 13-17.
- [6] 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, 28(3): 75-80.
- [7] 沈焕庭. 长江河口悬沙输移特性[J]. 泥沙研究, 1986(1): 15-20.
- [8] 恽才兴. 长江河口近期演变基本规律[M]. 北京: 海洋出版社, 2004: 165-167.

GIS-based visualized analysis of scouring and siltation in North Channel of Changjiang Estuary

WANG Yan-jiao, ZHANG Ying, CHEN Rong

(School of Geographical Science, Nanjing Normal University, Nanjing 210097, China)

Abstract An underwater digital elevation model for the North Channel of Changjiang Estuary for different periods from 1973 to 2003 was developed by use of GIS technology, and the distribution of riverbed scouring and siltation was obtained by overlapping of underwater topographical map. The analysis of variation of scouring and siltation and evolution of the North Channel for recent 30 years and the calculation of the volume of scouring and siltation show that GIS technology is an effective method for visualized analysis of the law of riverbed evolution. It is concluded that the North Channel was characterized by scouring from 1973 to 2003, the volume of sediment scouring being $1.58 \times 10^8 \text{ m}^3$, and the mean volume of annual scouring being $0.05 \times 10^8 \text{ m}^3$, and that the riverbed of the North Channel is unstable due to the change of the fork of the South and North Channel. Besides, flood plays an important role in North Channel evolution.

Key words North Channel of Changjiang Estuary; change of scouring and siltation; visualized analysis