

# 基于 RS, GIS 的长江口冲积沙岛冲淤变化

王 赋, 贺宝根

(上海师范大学 旅游学院, 上海 200234)

**摘 要:** 根据 1997 年, 2002 年和 2003 年 3 幅不同时段卫星照片, 以及各相应时段上海港潮汐水位和 1982 年海图等资料, 采用 RS, GIS 技术进行分析和处理, 计算出长江口深水航道整治一期工程前后九段沙及江亚南沙的面积, 实现了对工程前后九段沙岛泥沙冲淤特点及冲淤速度变化的分析. 从沙岛的自然延伸方向、航道整治工程方向和南北方向计算了沙岛各部分的淤涨与冲刷速率, 分析了深水航道对该岛屿冲淤演变的影响. 结果表明, 由于长江口深水航道整治工程的建设, 九段沙及江亚南沙的演变特点及速度有明显变化: ①九段沙 6 年来的淤积面积增长很快; ②沙岛自然延伸方向淤涨速度有所下降; ③沙岛沿航道整治工程导堤方向上的淤积速率增加; ④沙岛局部位冲刷程度有一定增强.

**关键词:** RS ; GIS; 长江口; 九段沙; 冲淤

**中图分类号:** X143 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-5137(2005)03-0087-06

## 0 引 言

长江河口发育有宽阔的拦门沙, 它是河口重要的地貌单元. 在长江河口地区, 由于潮流和径流都很强劲, 其拦门沙的发育和演变有其自身的特点. 长期以来, 诸多的国内外学者专家对其进行了研究, 并得出了一系列重要结论. 吴华林<sup>[1]</sup>等采用水下数字高程模型对拦门沙地区滩槽的演变以及沙岛变迁进行了研究; 徐福敏<sup>[2]</sup>等从长江口的水动力机制分析了九段沙下段的冲淤演变; 林承坤<sup>[10]</sup>、张志忠<sup>[11]</sup>等从盐、淡水混合引起的密度环流及泥沙絮凝沉陷等角度研究了长江口拦门沙形成及发育演变; 黄卫凯<sup>[12]</sup>应用经验特征函数模型描述了长江口南槽与北槽的变化. 这些研究成果极大地丰富了对长江口拦门沙的认识.

九段沙是长江口最近形成的沙洲之一, 形成时间大约在 1945 年~1965 年<sup>[1]</sup>, 位于长江口的南北槽之间, 是上海港出海航道的咽喉地段. 长江口深水航道整治一期工程自 1998 年 1 月 27 日开工. 至 2000 年 3 月底, -8.5m 航槽全线贯通并投入试运行. 该工程由南北槽分流口工程、南北导堤工程、丁坝群、疏浚工程和超前护底调整段工程组成, 由于受工程影响, 北槽地形发生明显冲淤调整, 一期工程开工以来, 九段沙下段北移速度加快, 一期挖槽所在位置已在九段沙北移影响范围内, 九段沙体下段不断向北淤涨使得疏浚难度增大, 该段成为一期控槽疏浚维护的重点区域. 作者拟收集长江口深水航道整治工程前后的卫星图片、相关潮汐水位和海图资料, 采用 RS, GIS 相结合的方法, 从九段沙岛的自然延伸方向、航道整治工程方向和垂直方向计算沙岛各部分的淤涨与冲刷速率, 从而更好地认识九段沙的冲淤演变规律,

**收稿日期:** 2005-04-23

**基金项目:** 国家自然科学基金项目(40271102).

**作者简介:** 王赋(1982-), 女, 上海师范大学旅游学院硕士研究生. 贺宝根(1962-), 男, 上海师范大学旅游学院副教授.

这也将有助于了解长江口南北槽演变的趋势。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料收集

遥感具有高分辨率、多时相、多波段等优点,可不依赖于天气状况、海域状况、地表状况进行准同步、长期、动态、实时、灵活的调查。本研究分别选取深水航道建成前后的3幅TM,ETM卫星照片,与其对应时象的上海港九段东滩潮汐预报表(其具体信息见表1),以及上海航道局提供的1982年长江口海图。

表1 卫片信息

拍摄时间	传感器	资料形式	卫星过顶时潮位(m)
1997-10-20	TM	4,3,2 波段	2.23
2002-11-11	ETM	4,3,2 波段	1.58
2003-08-02	TM	5,4,3 波段	1.90

### 1.2 研究方法

首先,采用上海地方坐标和1982年海图,利用Erdas imaging遥感图像处理工具对2003年卫片进行校正配准,然后以2003年卫片为基准,分别对另外两张卫片进行投影和几何校正。采用多项式几何校正模型,校正过程中,每张卫片采用12个控制点,且采样点分布尽可能均匀。然后采用邻近点差值法进行重采样,得到误差较小的栅格图像。在此,虽然图像校正过程中各点综合误差控制在0.1左右,但是由于所采用的卫片分辨率为 $(30 \times 30) \text{m}^2$ ,另外研究区域内海水占较大面积,固定的典型地物较少,尤其是1997年,九段沙以东以南范围内,几乎没有标志性地物,所以可能引起误差增加,故精度控制在 $1/4$ 像元范围内,即:小于 $(15 \times 15) \text{m}^2$ 。

其次,采用GIS软件Arcview 3.3对校正后的图像进行矢量化,分别提取相同属性的地物要素,然后将矢量化后的数字图像(九段沙及江亚南沙部分)进行叠和,并根据实际情况和实地调查结果进行插值分析和误差调整,得出6年期间九段沙岛的冲刷与淤积变化结果,计算冲淤变化速率,进而分析九段沙近年来的演变趋势及深水航道对其演变的影响。

## 2 结果

1997年~2003年5年间,九段沙的面积及冲淤速度有明显变化,根据遥感影像矢量化的沙洲形状及其冲淤情况如下:

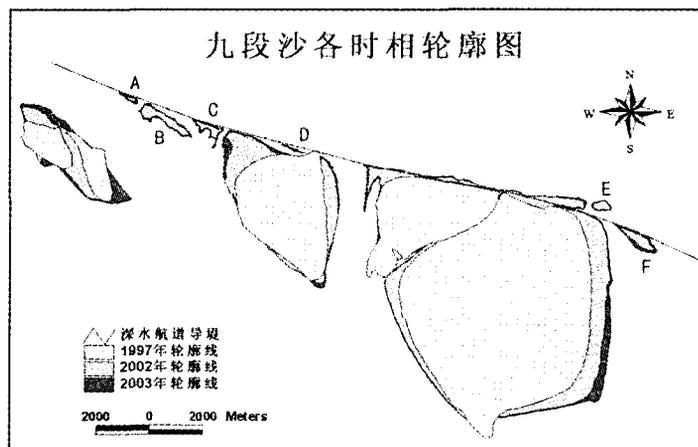
### 2.1 基本情况

结合1982年海图,对该3张卫片进行数字化和插值调整后,在水深2.23m(以吴淞零点为基准)处,其轮廓线吻合较好,各部分面积变化如图1。其各部分面积如下表2所示。

表2 不同时相九段沙不同位置面积

$\times 10^3 \text{m}^2$

	上沙	中沙	下沙	江亚南沙	上沙新淤涨	下沙新淤涨
1997-10-20	12038	10493	45724	3867	—	—
2002-11-11	15169	11420	53287	4478	796	518
2003-08-02	15905	11840	54846	6500	1273	817



注:上沙新淤涨指图中 A~D 4 部分;下沙新淤涨指图中 E,F 两部分.分别为上沙和下沙附近零星分布的新近淤涨出与九段沙主体部分不相连的部分.

图1 九段沙不同时相轮廓

从图1可以看出:九段沙新淤涨出的部分全部沿工程导堤分布,而且,上沙和中沙沙头部分均有加速淤涨的趋势.江亚南沙原来出露部分为不相连的两块,后连为一体,并明显增大;同时,九段沙各部分及江亚南沙均有不同程度的冲刷,位置主要分布在水流较急的上沙原江亚航道一侧和中下沙下部、上沙与中沙之间的潮汐通道一侧.另外,中沙与下沙之间的大潮沟也有逐渐愈合的趋势.

## 2.2 面积变化

九段沙不同位置的面积变化各不相同,总体上都呈现增长趋势,其具体数据见表3.

表3 不同时相九段沙不同位置总面积变化

$\times 10^3 \text{ m}^2$

	上沙	中沙	下沙	江亚南沙	上沙新淤涨	下沙新淤涨
1997年~2002年	3131	926	7562	611	796	518
2002年~2003年	736	420	1559	2022	477	299
1997年~2003年	3866	1347	9122	2633	1273	817

上表表示的是所示时间段内各不同位置面积增长的数值.在2002年~2003年1年间,九段沙不同位置及江亚南沙等的面积增长速度都有明显的增加.表现最明显的为江亚南沙和上沙新淤涨部分.

## 2.3 冲淤速率变化情况

由于九段沙不同方向、不同时段淤积、冲刷的速度各不相同,研究过程中,笔者分别以上沙、中沙与下沙(由于中沙和下沙基本连为一体,故将其作为一个整体研究)的几何中心为基准,分别向周围以 $15^\circ$ 间隔做辐射线(特殊情况例外),然后分别沿这些辐射线研究各方向上的淤涨或冲刷速度,最后用图形分别表示1997年~2003年和2002年~2003年上沙、中沙与下沙整体在各个方向上的冲淤速度(图2,3).

图2为1997年~2003年6年间九段沙不同位置平均冲刷与淤涨速度图,图3为2002年~2003年冲淤速度图.其中,(a),(c)为上沙沙体,(b),(d)为中沙和下沙整体.以上各图中,原点为九段沙体相应部分的几何中心,设定正北方向为 $0^\circ$ .

图2(a)中:九段沙上沙 $45^\circ \sim 135^\circ$ 之间呈现淤涨趋势,该部分曲线比较平滑,说明其淤涨速度较为均匀. $150^\circ \sim 195^\circ$ 之间淤涨速度较慢, $270^\circ \sim 345^\circ$ 之间,曲线呈现峰状淤涨趋势,其中 $315^\circ$ 处淤涨速度

最大,达 251.6 m/a;在  $0^{\circ} \sim 30^{\circ}$  之间和  $210^{\circ} \sim 255^{\circ}$  之间,渐呈或呈冲刷趋势,而  $240^{\circ}$  方向上冲刷速度最快,达  $-37.5$  m/a,  $30^{\circ}$  方向也较快,为  $-31.8$  m/a.

在图 2(b)中,曲线整体上呈现不规则菱形双峰状淤涨,其长轴方向为  $135^{\circ} \sim 315^{\circ}$ ,该轴线上淤涨速

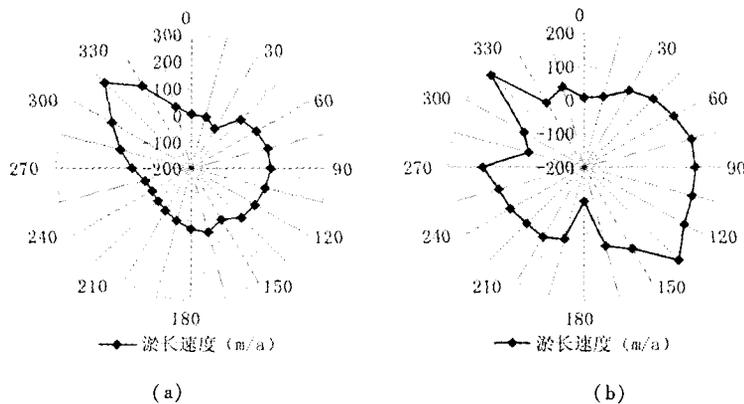


图 2 1997 年~2003 年九段沙冲淤速度图

度最快.其中: $315^{\circ}$  方向速度最大,达 192.5 m/a,  $135^{\circ}$  方向为 188.0 m/a.其他在  $0^{\circ} \sim 165^{\circ}$  之间和  $195^{\circ} \sim 270^{\circ}$  之间呈现淤涨趋势;在  $165^{\circ} \sim 195^{\circ}$  之间和  $285^{\circ} \sim 300^{\circ}$  之间呈冲刷状态,速度最大为  $180^{\circ}$  的  $-92.5$  m/a.

图 3(c)表明:第一,2002 年~2003 年 1 年时间里,九段沙上沙部分局部的淤涨速度较 6 年的平均速度有明显增加,且最高峰值出现的位置稍有调整:其淤涨速度最大值出现位置从后者的  $315^{\circ}$  处调整到  $313^{\circ}$ ,速度高达 465 m/a.而  $315^{\circ}$  处速度由 251.6 m/a 降为 54.5 m/a,变化十分明显.第二,图(c)中,在  $135^{\circ} \sim 180^{\circ}$  之间,再次形成了一个尖峰状曲线,  $165^{\circ}$  最高,速度达 181 m/a,是 1997 年~2003 年平均速度图像相同位置的 3 倍以上.第三,上沙下部原来冲刷位置由  $210^{\circ} \sim 255^{\circ}$  之间调整到  $180^{\circ} \sim 225^{\circ}$  之间,最值出现在  $210^{\circ}$  方向,达  $-83$  m/a.

图 3(d)中,其淤涨趋势仍然呈不规则菱形双峰状态,长轴方向仍为  $135^{\circ} \sim 315^{\circ}$ ,但双峰状趋势明显

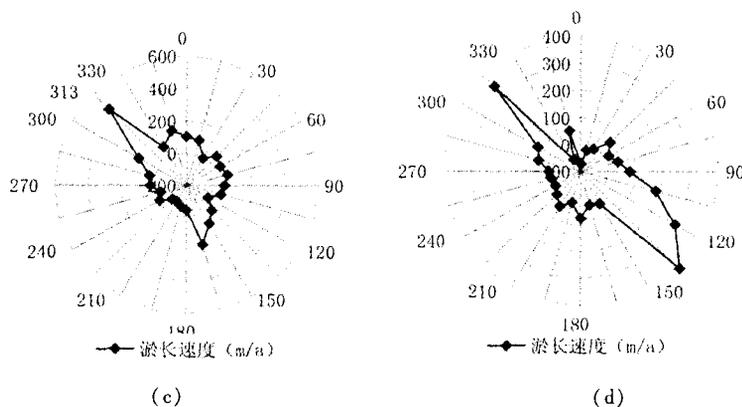


图 3 2002 年~2003 年九段沙冲淤速度图

加强,曲线变得非常陡峭,峰值速度值大大提高,  $135^{\circ}$  方向达到了 411 m/a,  $315^{\circ}$  方向达到 344 m/a,其数值均相当可观,远远超过 6 年平均值.

### 3 结论与讨论

(1) 上沙部分:比较1997年~2003年6年间九段沙冲淤的平均速度与2002年~2003年的冲淤速度,发现:深水航道整治工程加速了九段沙上沙部分沿导堤方向的淤涨,调整了局部冲刷的位置.第一,由于深水航道导堤的出现,原来通过江亚航道的水流受到阻挡,出现回淤,使得沙体淤涨最高值方向从原来的 $315^\circ$ 调整到 $313^\circ$ ,速度达到了 $465\text{ m/a}$ ,调整的位置趋向与导堤渐平行的方向.并且,由于江亚航道和上沙、中沙之间的潮汐通道被导堤封堵,使得上沙大于 $315^\circ$ 方向上的淤涨遭到限制.第二,在江亚航道和上沙、中沙之间的潮汐通道被导堤封堵的共同作用下,2002年~2003年间,上沙沙体在 $135^\circ\sim 180^\circ$ 之间,再次形成了一个尖峰状曲线,峰值位置淤涨速度增长迅速.第三,由于江亚航道自然水流被拦截,致使从导堤前端流入江亚航道水流剧烈冲刷上沙沙体的下部,在 $180^\circ\sim 225^\circ$ 之间出现最值波谷.

上沙部分在两个时段的冲淤速度图基本上较好地表现了1997年~2003年6年间九段沙各部分平均淤涨和冲刷的趋势与速度,表明除了沿导堤新淤涨出的与九段沙主体不相连的部分外,深水航道工程对于九段沙主体的冲淤作用也有着较大的影响.

(2) 对于中沙和下沙而言,由于上沙与中沙之间的潮汐通道和下沙尾部水流同时被导堤拦截,使此两部分所受的冲击减弱到最小从而使得泥沙得到充分沉积,而且,在原来两个峰值方向又是泥沙沉积最多的方向,所以2002~2003年中下沙冲淤速度图中的峰状趋势显著加强.与1997~2003年中下沙速度图相比,2002~2003年中下沙冲淤速度图中曲线所示的冲刷位置已经有了明显的调整.第一,后者 $0^\circ$ 方向已经成为了中沙部分冲刷最快的地方,速度达 $-72\text{ m/a}$ ,而前者该部分却呈缓慢淤涨状态.第二,前者 $285^\circ$ 方向上较快地冲刷已经呈现淤涨,速度为 $58\text{ m/a}$ ,而冲刷较快的方向调整到了 $330^\circ$ ,速度为 $-49\text{ m/a}$ .第三,与前者显著不同的是,后者 $180^\circ$ 方向冲刷很快的部位已经开始淤涨,事实上,原1997年卫片上该方向是一个突出的尖角部分(图(1)),在2002年以前(或者更早),该部分已经被经过上沙与中沙间潮汐通道水流冲刷到与下沙主体方向一致的较平滑弧状,而后,由于导堤的出现,该部分开始呈现淤涨趋势,且淤涨的速度显著,达 $75\text{ m/a}$ .

(3) 除九段沙主体部分外,沿航道导堤出现的零星分布的与沙体不相连的部分,完全是由于导堤出现后形成的沿堤水流作用形成,而江亚南沙的变化则是由于导堤阻断江亚水道所致.

以上所述九段沙体各部分冲淤关系的变化,主要由于航道整治工程造成的:上沙和中沙间潮汐通道受到航道导堤阻挡,水流不能通过,使得中下沙自然延伸方向淤涨加快,尤其是沙头沿导堤部分;中下沙沙体 $180^\circ$ 和 $285^\circ$ 方向的冲刷则由于此种原因变冲刷而为淤涨;沙尾部分的淤涨速度提高非常显著,是由于九段沙后端水流被导堤阻挡的缘故.另外, $0^\circ$ 和 $330^\circ$ 方向出现冲刷是由于北槽航道内的水流受到导堤阻挡,而且同时受到长江径流变化及潮流季节变化的影响,形成冲刷与淤涨不稳定的态势.总的来说,航道整治工程对于九段沙的冲淤有明显的影响.首先,它对上、中、下沙、向北(航道方向)的淤涨造成限制.第二,大大提高了沙头、沙尾部分的淤积速度.第三,沿导堤九段沙侧出现不连贯淤积;沿航道侧,丁坝后方出现淤积,丁坝前方出现冲刷与淤积间有的现象.第四,江亚南沙也出现沿导堤方向淤涨加快.

### 参考文献:

- [1] 吴华林,沈焕庭,胡辉,等. GIS支持下的长江口拦门沙泥沙冲淤定量计算[J]. 海洋学报,2002,24(2):84-91.
- [2] 徐福敏,严以新. 长江口九段沙下段冲淤演变水动力机制分析[J]. 水科学进展,2002,13(2):166-171.
- [3] 刘永学,张忍顺,李满春. 应用卫星影像系列海图叠合法分析沙洲动态变化[J]. 地理科学,2004,24(2):199-203.
- [4] 陈君,冯卫兵,张忍顺. 苏北岸外条子泥沙洲潮沟系统的稳定性研究[J]. 地理科学,2004,24(1):94-99.

- [5] 刘杰,陈言余,乐嘉海,等.长江口深水航道治理一期工程实施后北槽冲淤分析[J].泥沙研究,2004,(5):15-22.
- [6] 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].海洋信息技术,2004,(2):13-17.
- [7] 赵庆英,杨世伦,朱骏.河口河槽季节性冲淤变化及其对河流来水来沙响应的统计分析[J].地理科学,2003,23(1):112-116.
- [8] 陆培东,徐敏.金塘水道南岸码头建设对岸滩动态的影响.水利水运工程学报[J].2002(2):24-27.
- [9] 桑永尧,虞志英,金缪.长江河口横沙东滩自然演变及工程影响[J].东海海洋,2003,21(3):14-23.
- [10] 林承坤.长江口与杭州湾的泥沙交换与河床演变对上海港及其通海航道建设的影响[J].地理学报,1990,45(1):78-89.
- [11] 张志忠,阮文杰,蒋国俊.长江口动水絮凝沉降与拦门沙淤积的关系[J].海洋与湖沼,1995,26(6):632-638.
- [12] 黄卫凯.长江河口拦门沙变化的经验特征函数模型[J].海洋学报,1993,15(3):48-56.

## RS and GIS supporting study on the changes of Jiudian Sandbank of Yangtze River estuary

WANG Fu, HE Bao-gen

(College of Tourism, Shanghai Normal University, Shanghai 200234, China)

**Abstract:** Based on RS and GIS technology, using 3 TM, ETM satellite images (nice photographed without clouding in low-tide periods) in 1997, 2002, 2003, and the sea chart of 1982, the authors analyzed the effects exerted by stage I regulation work of the deep water channel of Yangtze River estuary and calculated the range of Jiudian Sandbank's topographic change after the regulation. The result showed that the project of the deep water channel regulation caused great changes in the topography of Jiudian Sandbank.

**Key words:** RS; GIS; Yangtze River estuary; Jiudian Sandbank; deposition and erosion