

# 基于 RS、GIS 集成技术的黄河三角洲 海岸线变迁研究

何庆成<sup>1</sup> 张波<sup>2</sup> 李采<sup>1</sup>

(1. 中国地质环境监测院, 北京 100081; 2. 中国矿业大学, 北京 100083)

**摘要:** 海岸线变迁是黄河三角洲地区重大环境地质问题之一。本文应用 RS、GIS 集成技术, 通过对黄河三角洲海岸线钓口段、黄河港段和河口段 3 个区段 28 年(1976—2004 年) MSS 和 TM 系列影像数据的分析研究, 发现了 1976 年黄河人工改道后三角洲海岸线变迁的总体规律与趋势, 即北部钓口地区不断侵蚀、后退, 东北部黄河港地区基本稳定, 南部河口地区不断淤积、前进。这一发现对该区域的资源开发、环境保护等具有重要的指导意义。

**关键词:** RS; GIS; 海岸线变迁; 黄河三角洲

**中图分类号:** P512.2; TP75      **文献标识码:** A      **文章编号:** 1000-3657(2006)05-1118-06

## 1 前言

黄河三角洲是当今中国乃至世界各大河三角洲中海陆变迁最活跃的地区, 特别是黄河口地区造陆速率之快, 尾间迁徙之频繁, 更为世所少见。但在淤进造陆的同时, 三角洲也受到海洋动力的侵蚀, 而且这种侵蚀作用是一种大范围的整体行为。正是由于河流与海洋这两种动力的强烈作用, 黄河三角洲的海岸线迅速地发生着淤进蚀退交替的演变过程<sup>[1]</sup>。而卫星遥感(Remote Sensing, RS)自问世至今, 经过 30 余年的发展历程, 已广泛应用于陆地、海洋、大气等诸多领域。运用多时相遥感信息, 与地理信息系统(Geographical Information System, GIS)技术相结合, 进行环境动态监测已成为遥感技术应用的一个主要方面。因此, RS 与 GIS 技术的集成应用, 对于准确及时地掌握整个三角洲地区海岸线的演变情况, 从宏观上研究三角洲地区的动态变化是一种极为有效的方法<sup>[2]</sup>。

黄河三角洲海岸线变迁研究区位置见图 1, 按照侵蚀、淤积的特点分成钓口段、黄河港段和河口段 3 个区段。

## 2 不同区段海岸线变迁的影像处理结果分析

### 2.1 影像数据的选取与处理

RS 影像数据是本课题研究的主要数据源, 包括 28 幅

陆地卫星 MSS 和 TM 影像数据(1976—2004 年), 其中, 1985 年以前数据类型为 MSS, 波段为 B4, 地面分辨率 80 m; 1985 年以后, 数据类型为 TM7 波段, 地面分辨率 30 m。图像数据经过辐射校正、几何校正和噪声去除后, 采用空间域处理和频域处理的方法对上述图像进行增强处理, 然后, 选用合适的近红外波段, 定出水体与陆地分界阈值, 从而区分出水体与陆地<sup>[3]</sup>。

这样, 从多年 RS 影像中提取出海岸线信息后, 再利用 GIS 的叠合功能<sup>[4]</sup>, 截取相应的研究地段, 进行分析、计算, 即可得出黄河三角洲不同区段海岸线变迁的信息与规律。

### 2.2 钓口段海岸线演变

通过上述方法, 可以得出, 自 1976 年黄河改道清水沟流路以来, 钓口河地区海岸带的面积一直在缩小。在 1976 年黄河改道之前, 沙嘴处于延伸状态, 延伸速率约为每年 1.5 km。改道之后, 沙嘴及附近海岸线处于蚀退状态, 1976—1984 年沙嘴共蚀退 3.2 km, 平均每年 0.4 km; 1985—1996 年的沙嘴共侵蚀 202 km<sup>2</sup>, 其中 1985—1991 年侵蚀 98 km<sup>2</sup>, 1991—1996 年侵蚀 104 km<sup>2</sup>。1985—1996 年海岸线最大侵蚀断面速率达 900 m/a, 一般为 300~400 m/a。1996—2004 年共侵蚀了 162.564 km<sup>2</sup>。

钓口河流路断流以后在没有人为干扰的情况下, 沙嘴及其附近海岸线处于蚀退状态, 初期蚀退较快, 以后逐渐减缓, 以至达到暂时平衡状态(图 2~5)<sup>[5]</sup>。在有人为干扰的情况下,

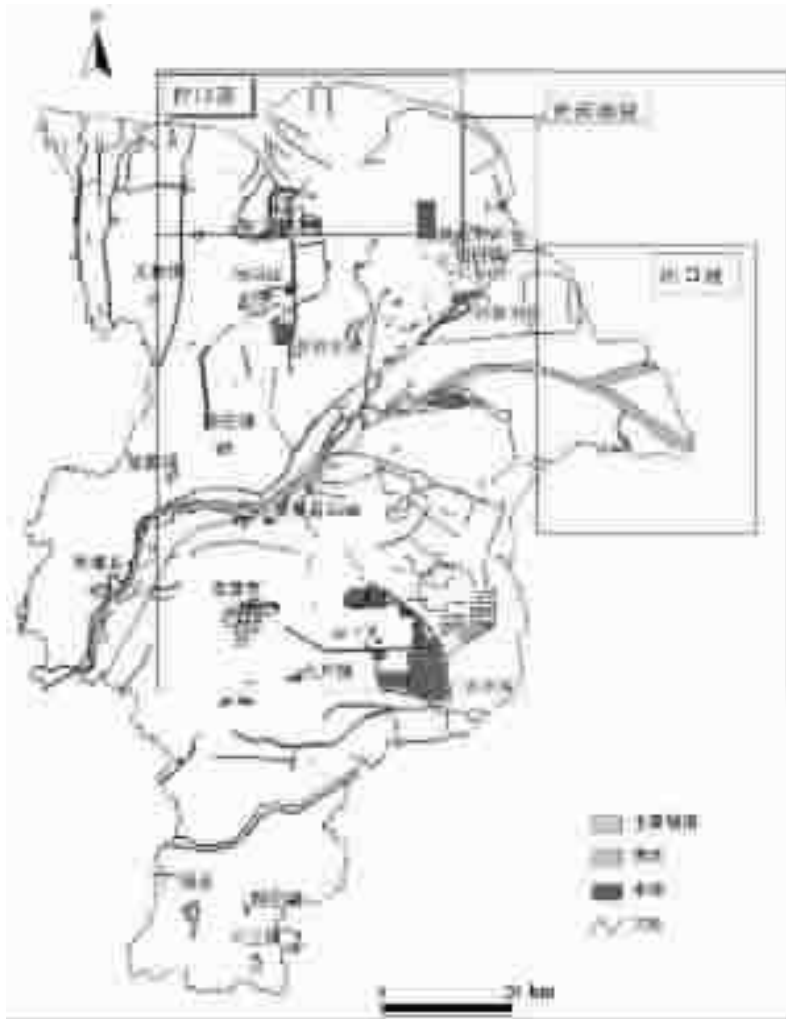


图 1 黄河三角洲海岸线变迁研究区位置图

Fig.1 Location of the study area of evolution of the coastline in the Yellow River delta

沙嘴及海岸线的暂时平衡遭到破坏,海岸呈淤积延伸状态。但这种淤进与行水流路的淤进有所不同,行水流路的海岸淤进是在沙嘴带动下的淤积延伸,延伸幅度与来水来沙等多种因素有关。人为干扰下的海岸淤进是整个海岸线的平行延伸,没有主动与被动之分,而且延伸幅度呈衰减之势。

### 2.3 黄河港段海岸带演变

黄河海港于 1985 年建成,地处分潮无潮点附近,在建港之前,钓口河未改道的 1975—1976 年,海港附近的海岸线处于蚀退状态。1976—1984 年,由于钓口河附近海岸线的大面积蚀退,部分泥沙在海洋动力的作用下,被带到这一区域,造成该区域海岸线的淤进。1985 年建港后,由于海港防潮堤的突出,港口左侧,海洋动力作用加强,海岸线处于蚀退状态;港口右侧,海岸线处于淤伸状态。因港口左侧的蚀退影响港

口的安全,于 1986 年在该处修建一座类似丁字坝性质的防潮堤,以阻止港口左侧海岸线的蚀退。但建成不久,就被大潮冲垮,复于 1987 年在左侧蚀退段修建防潮大堤。另外,1988 年桩西油田建成之后,海岸线(以一般高潮线为标准)基本被固定下来。与此同时,港口右侧的海岸线由淤积状态转为蚀退状态,但蚀退幅度不大。考虑到港口安全,于 1990 年在港口右侧修建一条长约 2 km 的一般防护堤(图 6),基本控制了该段海岸线的蚀退。1990—2004 年以后海岸线没什么变化(图 7)。

### 2.4 河口段海岸线演变

不同年份沙嘴附近海岸线均从 RS 影像中提取,利用 GIS 软件 ArcView 功能,截取河口地区岸段,同样进行了演化对比分析。结果表明,在 1976—1981 年间,清水沟流路尚未

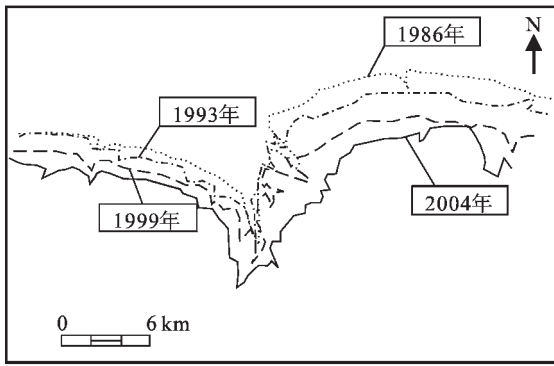


图 2 1986—2004 钓口地区海岸线变迁图

Fig.2 Coastline evolution of the Diaokou area during 1986—2004



图 3 1991 年钓口地区遥感影像图

Fig.3 RS image of the Diaokou area in 1991



图 4 1996 年钓口地区遥感影像图

Fig. 4 RS image of the Diaokou area in 1996



图 5 2000 年钓口地区遥感影像图

Fig.5 RS image of the Diaokou area in 2000



图 6 黄河港附近的防护堤

Fig.6 Constructed levee near the Huanghe Port

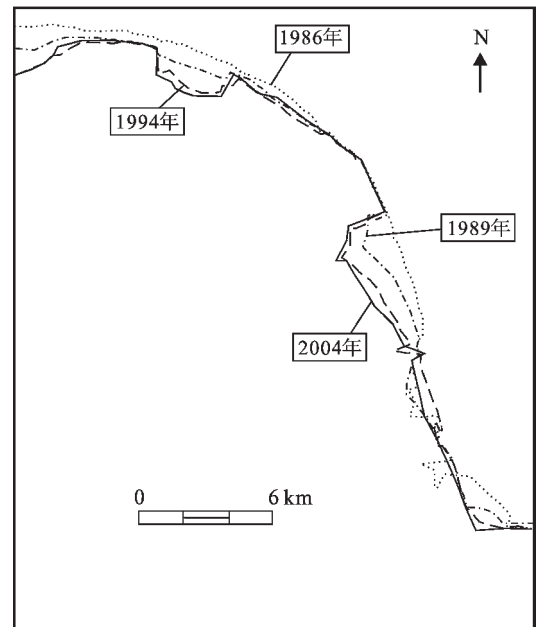


图 7 1986—2004 年黄河港段海岸线变化图

Fig.7 Coastline evolution of the Huanghe Port reach during 1986—2004

形成明显的沙嘴,还处在摆动之中,但沙嘴已呈淤积延伸之势。1981—1984 年,沙嘴明显地向东淤积扩张,口门淤积速度达 5 km/a,平均每年造陆面积约 5 km<sup>2</sup>(图 8)。1986—1987 年,沙嘴变化比较平稳,淤积速率约为 2.4 km<sup>2</sup>/a。1988 年起沙嘴淤积速度明显加快,使得 1985—1995 年平均淤积速率达 12.1 km<sup>2</sup>(图 9)。沙嘴南北两侧(以行水河道作为划分标准,下同)及整个沙嘴的淤积分布情况如图 10 所示,在 119° 07′~119°10′ 之间,沙嘴南侧在统计时段内为冲刷,与此对应,

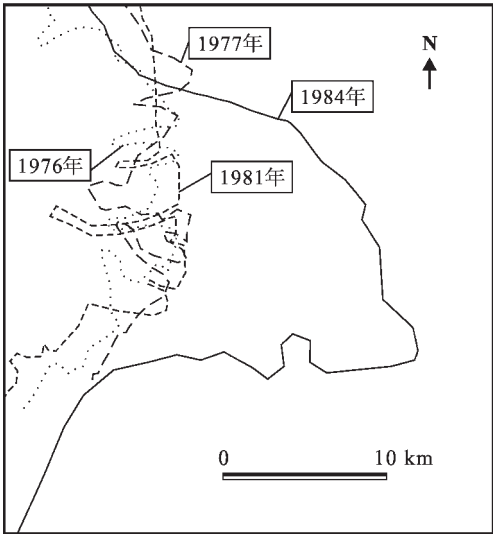


图 8 由 RS 影像获得的 1976—1984 年河口段海岸线变迁图  
 Fig.8 Coastline evolution derived from RS data of the Hekou reach during 1976—1984

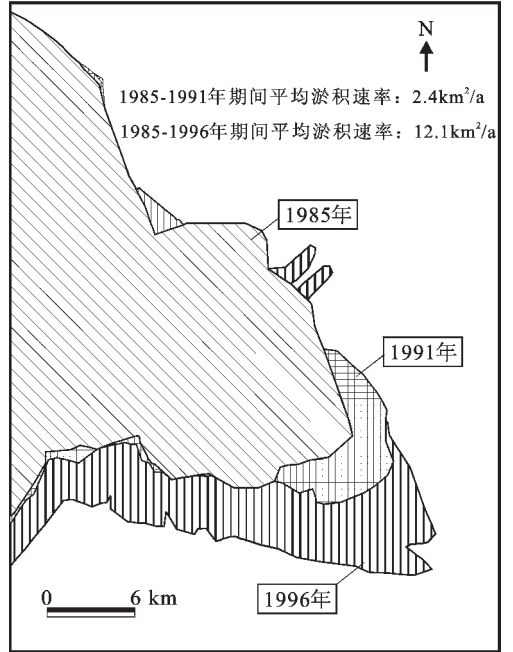


图 10 河口海岸淤积特征图  
 Fig.10 Deposition in the Hekou reach in 1985, 1991 and 1996

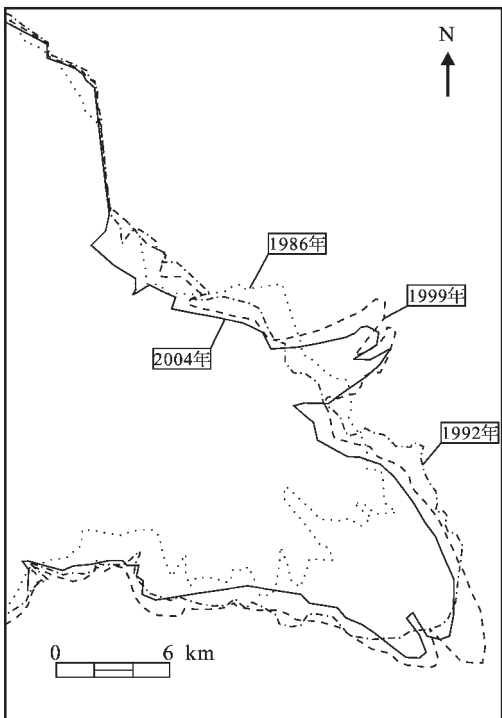


图 9 由 RS 影像获得的 1986—2004 年河口段海岸线变迁图  
 Fig.9 Coastline evolution derived from RS data of the Hekou reach during 1986—2004

沙嘴北侧淤积较快。原因分析:1979 年汛期,沙嘴由东南方向摆向东北方向,摆动之后遗留的沙嘴因断流而被海水蚀退。南侧冲刷表明,到 1992 年,该海区的海岸线尚未达到改道前的口门位置;摆动之后形成的新口门附近,因海域水深较浅,并且在此后的几年内,口门均在该区域,故北侧淤积造陆速率较大,造陆范围也集中在该区域。

由图还可看出,北侧淤积量沿纬线越来越小,南侧淤积量较为均匀,这与沙嘴附近的海域地形、潮流特点及泥沙的扩散方向等多种因素有关。就整个沙嘴而言,沙嘴越向海域延伸,淤出面积相对就越少,这与河口的实际情况是吻合的。

由各年的 RS 影像信息比较之后可知,清水沟流路的沙嘴变化剧烈,变化幅度也较大。从整个海岸线变化情况看,可初步认为沙嘴变化存在短期幅度大、长期幅度小的规律。也就是—方面年际间的变化幅度大,一年内沙嘴淤进蚀退可达 5 km;另一方面长系列年的变化幅度小,平均每年淤进 1 km 左右。

### 3 整个海岸线的动态变化

根据以往资料和已有遥感影像,绘制了黄河三角洲海岸线动态变化图(图 11)。该图显示了黄河三角洲整个海岸线 1855 年以来的变迁,并体现了 1976 年人工改道后黄河三角洲海岸线变迁的总体趋势,即北部钤口地区不断侵蚀,东北

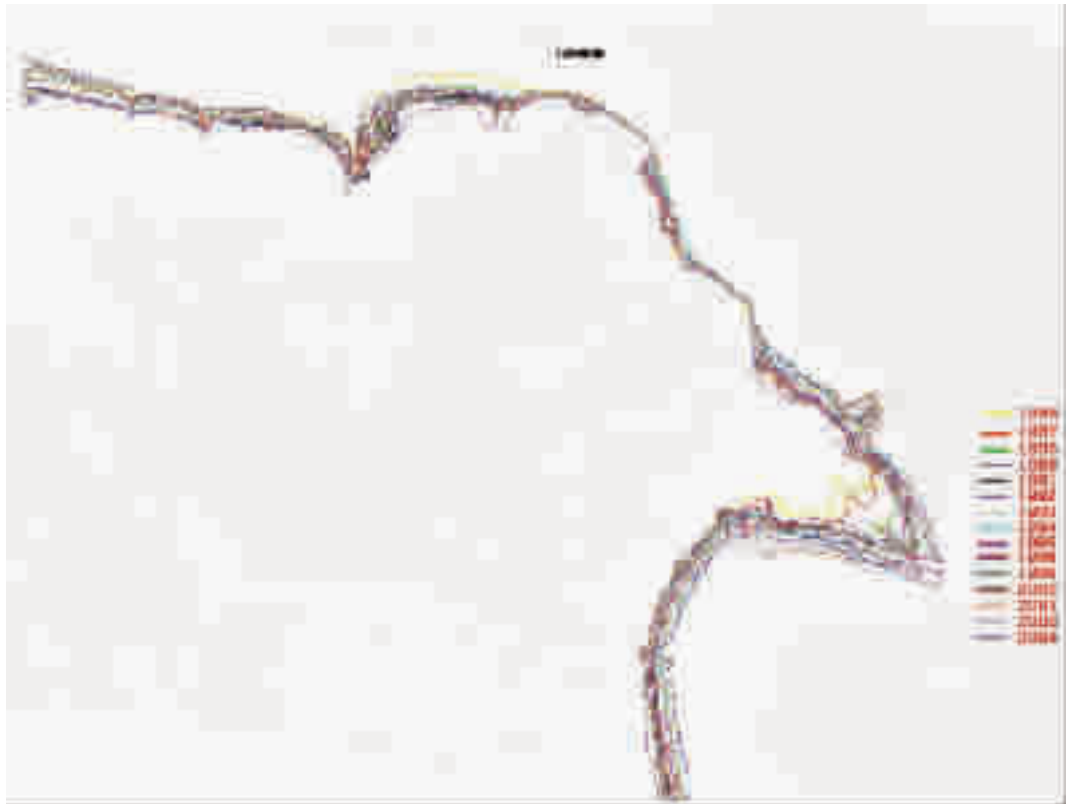


图 11 1986—2004 年黄河三角洲海岸线动态变化

Fig.11 Evolution of the coastline of the Yellow River delta during 1996—2004

部黄河港地区基本稳定,南部河口地区不断淤积。

#### 4 结 语

三角洲是河流动力与海洋动力相互作用的结果,在人类活动影响下,其海岸线的变迁、演化是非常复杂的。通过一系列遥感图像,对近 30 年来黄河三角洲海岸线变迁进行研究,基本掌握了区内海岸线蚀退、淤进的规律,为黄河三角洲地区经济社会可持续发展规划提供了科学依据,同时,为海岸带变迁研究提供了新的思路。

#### 参考文献 (References):

- [1] 何庆成, 段永侯, 张进德, 等. 黄河三角洲海岸带综合管理[M].北京:海洋出版社,1999.70~81.  
He Qingcheng, Duan Yonghou, Zhang Jinde, et al. Comprehensive Management of the Coastland in the Yellow River Delta [M]. Beijing: Ocean Press, 1999.70~81(in Chinese with English abstract).
- [2] 吉祖稳, 胡春宏, 曾庆华, 等. 运用遥感卫星照片分析黄河河口近期演变[J].泥沙研究,1994,(3): 12~22.  
Ji Zuwen, Hu Chunhong, Zeng Qinghua, et al. Analysis of recent

evolution of the Yellow River's mouth based on RS images [J]. Sediment Research, 1994,(3):12~22(in Chinese with English abstract).

- [3] 李铁芳, 冯均彬, 苏民生. 遥感图像数字处理原理与应用 [M].昆明:云南科学技术出版社,1987.63~70.  
Li Tiefang, Feng Junbi, Su Minsheng. Principle and Application of RS Image Digital Processing [M].Kunming:Yunnan Science and Technology Press,1987.63~70(in Chinese with English abstract).
- [4] UNDP 项目环境专家组. 黄河三角洲环境评价与信息系统建设 [R]. UNDP, 1997.  
Environmental scientists panel of UNDP's projects. Evaluation of the Environment in the Yellow River Delta and Establishment of the Information System[R]. UNDP, 1997.
- [5] 何庆成, 叶晓滨, 张波, 等. 黄河三角洲油气聚集区地质环境评价与预测 [M].北京:中国大地出版社,2004.18~21.  
He Qingcheng, Ye Xiaobin, Zhang Bo, et al. Evaluation and Prediction of the Geological Environment in the Oil-Gas Field of the Yellow River Delta[M]. Beijing: China Land Press, 2004.18~21 (in Chinese with English abstract).

## Monitoring the change of the coastline of the Yellow River delta by integrating remote sensing (RS) and GIS

HE Qing—cheng<sup>1</sup>, ZHANG Bo<sup>2</sup>, LI Cai<sup>1</sup>

(1. *China Institute for Geo—Environmental Monitoring, Beijing 100081, China;*

2. *China University of Mining and Technology (Beijing), Beijing 100083, China)*

**Abstract:** The Yellow River is the second longest river in China and famous for its suspended riverbed, frequent diversion and huge amount of sediments. Coastline's movement is one of the major environmental geological problems in the Yellow River delta area. The authors analyzed the MSS and TM image data over 28 years (1976 to 2004) from the Diaokou, Huanghegang and Hekou reaches by using the integrated RS and GIS technique and found the general trend of coastline evolution after 1976's artificial diversion of the river, i.e.: continuous eroding and recessing of the Diaokou reach in the north, relative stability of the Huanghegang (Yellow River Harbor) reach in the northeast and continuous silting and advancing of the Hekou (river mouth) reach in the south. These findings may guide the resource development and environmental protection in the Yellow River Delta.

**Key words:** RS; GIS; coastline evolution; Yellow River Delta

---

**About the first author:** HE Qing—cheng, male, born in 1962, PhD and professor, engages in the study of environmental geology; E—mail: heqc@mail.cigem.gov.cn.