

# 莱州湾西岸岸滩冲淤特征分析

卢晓东<sup>1</sup>, 刘艳霞<sup>2,3,4</sup>, 严立文<sup>2</sup>

(1. 山东电力工程咨询院, 山东 济南 250013; 2. 中国科学院 海洋研究所, 山东 青岛 266071; 3. 中国科学院 烟台海岸带可持续发展研究所, 山东 烟台 264000; 4. 中国科学院 研究生院, 北京 100049)

**摘要:**利用风暴潮前后潮滩剖面的实测对比及不同时期地形图和卫星遥感影像解译分析,研究了莱州湾西岸海滩冲淤变化特征。结果表明,莱州湾西岸海滩中、高潮滩处于相对稳定状况,低潮滩呈现弱淤积的特征。岸线 50 多年来的总体变化特征是 1986 年以前岸线淤进蚀退变化较明显,1986 年以来海岸线逐渐趋于稳定。分析表明,岸滩变化的原因主要为人类活动对岸滩形态的改造以及大风风暴潮的影响。

**关键词:**莱州湾西岸; 遥感; 冲淤特征; 潮滩剖面; 风暴潮

**中图分类号:** P737.12

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1000-3096(2008)10-0039-06

莱州湾西岸在构造上属于渤海拗陷区的一部分,新生代以间歇性持续拗陷为主。研究区位于现代黄河三角洲的东南侧,海岸线长、地形平缓、潮间带宽广(图 1)。区内地貌类型比较复杂,陆地地貌以小清河为界,小清河以南至白浪河段是由鲁中山地北麓诸河流冲积而形成广阔的胶滩弥平原,地势低平,向海坡降小;小清河以北至淄脉沟地段为三角洲洼地,东西呈带状,一般宽 2 000 m,地势更为低平,与冲积平原无明显的界线。研究区为典型的粉砂淤泥质海岸,最主要的海岸地貌类型是潮滩,此外还有河口砂坝及潮沟系统。在淄脉沟口、小清河口等处河口外发育有拦门沙、牡蛎滩。

该区冬季受寒潮影响较大,气候比较寒冷,夏季比较炎热,具有显著的大陆性气候特征。年均风速为 4.0 m/s,春季风速较大,冬季风速较小,年平均大于 8 级大风日数为 20.8~44.3 d<sup>[1]</sup>。该区的波浪主要受季风控制,全海区波浪以风浪为主,出现频率在 80% 以上,由于受地形影响,波浪主要由偏东风引起的 NE-SE 向浪,强风向为 NE 向。莱州湾的潮汐类型属于不规则混合半日潮,涨潮流方向为 224°~245°,平均流速为 29~37 cm/s;落潮流方向为 49°~78°,平均流速为 29~39 cm/s。

近年来莱州湾的风暴潮灾害已经引起了人们的广泛关注,尤其是 2007 年 3 月初的大风暴潮,对研究区岸滩形态、沉积物分布等都有很大的影响。许多学者对在莱州湾发生的风暴潮的成因、破坏性分析及风暴潮沉积等方面做出了许多探索和研究<sup>[2~5]</sup>。

人类活动在区内影响明显,主要的人工地貌有盐场、养殖池,河流束流堤,港口码头,海岸的防潮

坝、丁坝、人工岛等。人类活动极大地改变了岸滩形态,破坏了局部的动态平衡,再加上风暴浪流的作用,对莱州湾西岸的泥沙运动与岸滩稳定性特征产生极大的影响,尤其是在特殊天气情况下是如此。

作者利用历史地形图和遥感影像,以及大风风暴潮前后海滩剖面的重复测量,对岸滩的变化特征进行研究,揭示该区中、短期岸滩冲淤变化特征,以及岸滩对特大风暴潮的响应,为海岸工程的防护提供依据。

## 1 实验手段及所用资料

通过对大风天气前后 4 条典型海滩剖面的重复测量,研究莱州湾西岸岸滩的短期变化情况。利用 2 个时期的历史地形图和 3 个时相的遥感影像,分析岸滩较长时期的变化特征。

### 1.1 海滩重复测量

根据莱州湾西岸附近粉砂淤泥质海岸的特征,结合该区附近海滩人类活动的特点,在 2007 年 1 月至 5 月对莱州湾西岸海滩的 4 条剖面进行了海滩剖面高程重复测量,共完成 3 次剖面测量。尤其是获得了 2007 年 3 月初该区大风天气前后海滩剖面短期变化情况。剖面位置如图 1 所示。

收稿日期:2008-01-02,修回日期:2008-08-26

基金项目:国家自然科学基金项目(40676037);908 专项

作者简介:卢晓东(1963-),男,山东青岛人,高级工程师,学士,从事海洋水文气象研究,电话:0531-83121702,E-mail:KCLXD@SDEPCI.com;刘艳霞,通讯作者,博士,从事海洋地质遥感应应用研究,E-mail:liuyanxia@ms.qdio.ac.cn

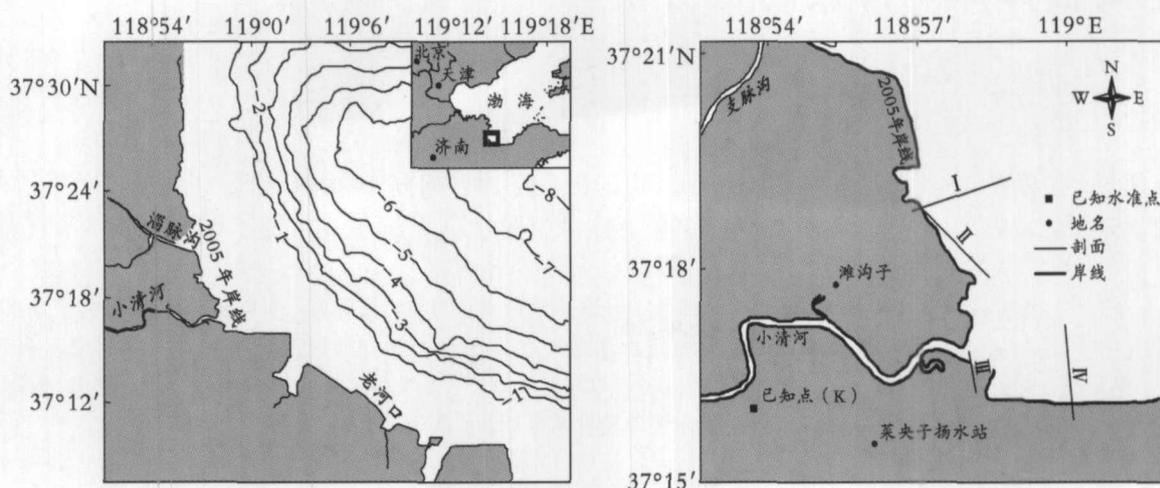


图1 研究区地理位置与测线位置

Fig. 1 Location and survey line stations of study area

## 1.2 遥感影像解译与地形图

作者收集到了研究区内的历史地形图和遥感影像,时间跨度为1954~2005年。

首先对收集的地形图扫描得到矢量图,将不同时期测量的图件精确配准(Total RMS<5 m)到统一的WGS-84坐标系下,数字化水深数据与海岸线。由于研究区地处黄河三角洲西南部,黄河泥沙对本区有一定的影响,河流、波浪、潮流等水动力因素复杂,尤其是人类活动影响较大,研究区岸线变化较明显,地形图年代又较老,因此本次研究还选取了1986~2005年间的3景Landsat TM/ETM+影像进行解译,对研究区岸滩动态变化进行分析。

卫星图像的预处理主要目的是为了纠正原始图像中的几何、辐射变形,即对图像获取过程中产生的变形、扭曲,模糊(递降)和噪音的纠正。

首先以小清河口附近1:50 000地形图作为影像校正的主控图件(采用高斯~克吕格投影),把1986年6月5日的遥感影像作为待校正影像,在地形图和影像上选取30个左右具有明显、清晰定位标志物作为校正控制点对,所选标志物应不随时间变化且均匀分布在整个影像区域内,校正均方根误差 $\leq 0.5$ 个像元。海岸线提取方法是用非监督分类方法(ISODATA)对影像进行预分类,然后以预分类结果为基础,再选取训练样区运用监督分类方法进行,最后提取出平均高潮线。将提取的不同年份的岸线输入到GIS系统软件,进行叠加,分析岸线变化。

## 2 观测结果与地形图、遥感影像对比

### 2.1 短期海滩冲淤变化

受强冷空气和黄海气旋的共同影响,2007年3

月3日夜间至4日白天,渤海湾、莱州湾出现了自1969年以来最强的一次风暴潮过程,在此次风暴潮期间,研究区出现200~350 cm风暴增水<sup>[6]</sup>。由于本区海底地形平坦,风暴潮大浪在远处就发生破碎,传至近岸区,波高在1.0~1.5 m以下,没有防护的岸段,海岸被侵蚀后退;在有防护的岸段,上述波高叠加上高水位,对防潮坝进行冲击,使其在波激流作用下倒塌,甚至决口;海水进而侵入虾池、盐田和陆地,造成损失。本次对风暴潮前后的4条剖面进行了重复监测。

剖面I长1.2 km左右,垂直岸线方向分布在平坦广阔的滩面上,大致平行于其北侧约0.5 km处的人工海堤。剖面起点在人工混凝土海堤上,其外侧有深约0.5 m的潮水沟,涨潮时潮沟内有水,中潮滩有大量的人为挖掘现象。从三次滩面测量结果看,潮沟内出现轻微淤积,滩面整体冲淤变化不明显,3月份风暴潮过后,中潮滩出现轻微淤积,平均淤积约厚5~8 cm,低潮滩有轻微的侵蚀。其余滩面上层均为硬质淤泥,表层少量浮泥,岸滩较稳定(图2a)。

剖面II长1.3 km左右,与剖面I位于同一人工堤外侧,测线与海岸线近于平行。剖面大体位于中潮滩,穿过7~8条深浅不等的潮水沟,其中近堤外侧为较大的一条且常年过水。整个岸滩地势非常平缓,表层淤泥固结,浮泥仅潮水沟内有分布。三次剖面测量结果表明,整个岸滩冲淤变化不大,仅几处潮水沟有摆动、新生与消亡现象,其中近岸人工堤外的潮沟在3月初风暴潮过后,出现了较大的冲刷及向南移动,最大侵蚀厚度约10 cm,潮沟向南摆动加宽约20 m,新形成的潮沟深约50 cm。潮滩表面平整,密布形状不规则的小水坑,水坑深约2~5 cm,另外人工扰动较强烈。整体上看,岸滩比较稳定,其冲淤变化处于平衡状态(图2b)。

剖面Ⅲ垂直小清河河口,整个岸滩较窄,长约0.22 km,滩面平缓,高潮滩上生长有芦苇等植被,剖面穿过两条潮沟,潮滩表层浮泥较其他三个剖面为厚,潮水漫滩频繁。从三次剖面重复测量结果看,潮滩的变化主要发生在潮沟两侧,中、高潮滩变化较小。位于高潮滩潮沟的近岸沟缘出现轻微冲刷现象,中潮滩之下的较大潮沟两侧有明显的淤积现象,其向陆一侧沟沿3次测量结果对比均出现明显淤积,向海侧沟缘的2次测量也有同样的现象,最大淤积量为30 cm多;自此潮沟向下的岸滩淤积比较严重。而潮沟底部则出现较严重的冲刷,1~5月份的2次测量结果对比表明,潮沟底部最大冲刷深度约

26 cm。因此本剖面的冲淤现象较为活跃,尽管中、上部岸滩冲淤不明显,但潮沟的沟肩及下部岸滩出现明显的淤积,而潮沟沟底出现较强的侵蚀(图2c)。

剖面Ⅳ长约1.4 km,起点位于距滩面4 m多高的混凝土岸堤上,垂直岸线延伸(为方便制图起见,图2d的起点是从潮滩开始的)。堤外近岸处存在一个小型的浅平潮沟,大潮过后有少量积水。整个滩面平坦开阔,地势轻微向海侧倾斜,滩面淤泥固结较好,浮泥很少,有大量积水洼地和人为挖掘现象。从三次海滩剖面重复测量结果看,整个海滩剖面均未出现明显的冲淤变化现象,3月份的风暴潮对其影响也不明显(图2d)。

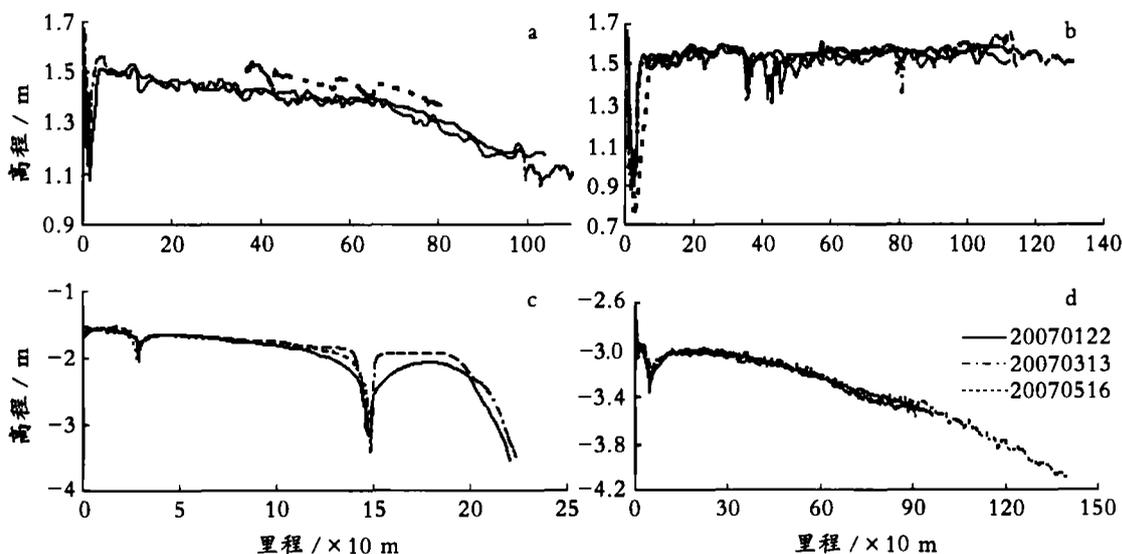


图2 海滩剖面冲淤变化

Fig. 2 Changes of beach profiles erosion and accumulation

a, b, c, d 分别为剖面 I, II, III, IV

a, b, c, d is profile I, II, III, IV respectively

## 2.2 地形图与卫星影像解译岸线对比

岸线对比采用1971年出版的1969年航摄和调绘1:50 000地形图和1955年出版的1954年航摄的1:50 000地形图,1986,1996和2005年三个时期的Landsat TM/ETM+影像(表1)。根据研究区岸线变化特征,对淄脉沟河口附近岸滩,小清河河口附近和老弥河与小老河河口附近岸滩分别进行对比分析。

表1 遥感影像数据

Tab. 1 Data of remote sense

卫星和传感器	日期 (年-月-日)	空间分辨率 (m)	潮汐状况
Landsat-5 TM	1986-06-05	30	落潮
	1997-10-09		
Landsat-7 ETM+	2005-05-24	30	落潮

### 2.2.1 淄脉沟河口附近

该地区位于黄河三角洲南部,黄河曾于1929年在此入海,但行水仅7~8个月<sup>[7]</sup>,而后淄脉沟和小清河下游潮间河道成为潮流通道,潮滩宽4~8 km,平均坡降2/10 000~3/10 000,处于快速冲刷状态。至1954年该处海岸线仍向陆凹进,形成一个小的浅海湾,湾顶距两侧约10 km(图3)。到1969年,淄脉沟北侧与浅海湾西侧岸线已成为人工岸堤,其南侧尽管仍为天然海岸,但变化不大,入海河道也全部由人工筑堤束河。至1986年沟口两侧岸线已基本稳定,海岸线已完全由内凹变得近于平直。从1954~1986年32年间,在人类活动作用下本区岸线向海外推约11.04 km,处于快速外延状态。随后岸线基本稳定,天然岸线基本在0.1~1 km范围内变化。另外在此期间清水沟流路入海河咀向东南方向推进,人海泥沙也相应向东南扩散,影响范围可达淄脉沟

河口,在连续偏北大风天气下,甚至可达小清河口,因而淄脉沟北侧岸段处于弱淤进状态,该淤进速率北部较快,南部较慢,在南部局部岸段低潮线附近甚至有弱蚀退现象发生。至2005年,由于大面积的人工围垦,局部陆地向海外推,导致岸线在一定幅度内的变化。

### 2.2.2 小清河河口附近

历史上黄河入海物质对本岸段海岸发育有很大的影响。1953年黄河改由神仙沟入海后,此区段泥沙来量骤减。从1954~1969年间,河口北侧岸线局部有淤有蚀,河道南侧岸滩仍有所增长。至1986年,河口区岸滩地形已基本趋于稳定。1988~2000年间,因修堤、固滩、采油、人工养殖等人类活动作用,致使河口及其两侧滩涂面积逐渐减小,但岸线基本处于稳定状态,特别是小清河河口北岸附近岸线基本在70~400m范围内变化。2002~2005年间,当地为发展海水养殖,在河口南侧岸滩上,开辟了围垦面积较大的养殖池和盐田,使原来天然韵律型的岸线逐渐被顺直、较稳定的人工岸线所取代(图3)。

### 2.2.3 老弥河与小老河河口附近

本岸段内有老弥河、小老河、老河和半尾巴沟等河口汇入,老河、小老河已改造成呈喇叭口潮沟形态。从地形图上可以看出,1954~1969年间在老河

北岸侵蚀较大,而南岸因盐田堤坝的修建基本转变为较稳定的人工海岸。在河口南岸受盐田围海的影响,岸线向海外推约0.5~1km;北岸则在河流被截断前后存在淤、蚀不均匀现象,靠近小清河附近侵蚀较强烈,海岸线变化较大。老弥河口以东岸段处于莱州湾顶部,水动力较弱,物质来源少,滩面物质粗化,为粒度均匀的粉砂,整个自然岸线基本稳定,仅在各河口处略有淤涨,外伸速率一般小于10m/a。1986年后靠近小老河口岸段因人工盐田的修建,天然海岸线基本被人工岸线所取代,至2005年从小清河河口南岸往东已完全被顺直的人工岸线所取代,处于较稳定状态(图3)。

综上所述,本区岸线中、长期变化除在19世纪二三十年受黄河改道影响较大外,主要原因是人类活动的影响,几处海岸线变化比较大的地段都是人类干预的结果。特别是小清河南岸现已完全是人工海岸,仅有小清河北岸的部分岸段处于自然发育状态。分析结果表明,尽管本区位于黄河三角洲南侧、莱州湾西部,但其受黄河的直接影响较小,基本属于稳定型海岸,虽然有局部的缓慢侵蚀或淤积,甚至在短期恶劣天气过程影响下,岸滩有较大的冲淤变化,但总体上岸滩的中、长期变化不大。人类活动仍将是影响本段岸滩变化的主导因素。

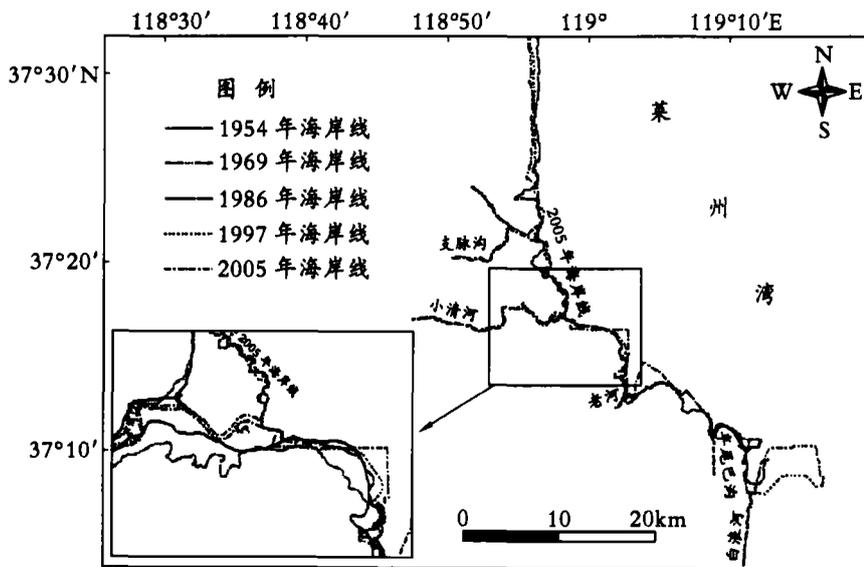


图3 研究区1954~2005年岸线变化

Fig. 3 Coastline change of study area from 1954 to 2005

## 3 讨论

### 3.1 泥沙来源

#### 3.1.1 黄河泥沙的影响

不同时期遥感影像分析与野外调查结果表明,

正常天气条件下,莱州湾悬浮体的高浓度区是以黄河口为中心,向东南延伸到莱州湾中部,但不会到达湾顶。黄河改走清8出汉口后,黄河入海位置北移,使南下的沿岸泥沙流对该区影响减小。黄河入海泥沙的直接影响范围只有在连续北风的影响下,才能到达小清河口<sup>[8]</sup>。

该特征与研究区近年来岸线处于相对稳定、由北向南淤积厚度减小,局部岸滩出现侵蚀、遥感影像解译出来的不同动力条件下悬浮体分布与扩散格局、近岸海区海底沉积物由岸向海逐渐变粗,以及海滩滩面物质逐年粗化等现象是一致的。

### 3.1.2 浅滩泥沙局部搬运与再悬浮

研究区潮滩坡度平缓(平均坡度 1:2 000),破波带范围较宽,底质属粉砂质,中值粒径大都在  $3\phi \sim 7\phi$  之间。该底质的活动性强,易于起动,故水体含沙量随风浪的强弱而增减。从底质类型和中值粒径数据的分析结果也反映出目前该海域物质来源不丰富这一特点<sup>[9]</sup>。因此,海底丰厚的极细粉砂在波浪、潮流作用下起动、悬浮、搬运是本区水域泥沙淤积的主要来源<sup>[8]</sup>。人工在滩涂上的大范围翻挖加大了浪、流掀沙的强度。

### 3.1.3 陆域河流入海泥沙

研究区及其周边海域入海河流还有小清河、淄脉沟、弥河、白浪河和潍河等。小清河、淄脉沟及老河等就近河流的输沙对该区泥沙的分布有一定影响,特别是在河口附近几公里的范围,但是随着水库等水利工程建设以及河流来水来沙量的减少,河流输沙影响降低。

### 3.1.4 莱州湾东岸海蚀供砂

据地貌调查,莱州湾东岸虎头崖两侧岸滩有冲刷现象。但其量甚微,而且这些物质也不可能越过湾顶进入小清河海区。

## 3.2 人类活动与岸滩的稳定性

研究区人类活动明显,沿岸遍布盐场、养殖池,河流束流堤,港口码头,海岸的防潮坝、丁坝、人工岛等人工建筑。这些建筑改变了区内岸滩形状和水动力条件,局部岸段岸滩稳定性得以暂时加强,但在滩脚、以及周围岸段其稳定性大幅度降低,原本稳定的岸滩出现强烈侵蚀。大风天气条件下尤其如此,本次风暴潮就使小清河河口两侧人工岸堤上部的高约 1~2 m 的土堤遭受强烈的侵蚀后退;人工岛与连岛坝也如此。

人类活动还直接改变岸线形态,使局部海岸线得以迅速向海侧伸展。本区近 50 年来岸线的几次主要的变化都与人类活动有关。人类活动直接与间接产生的泥沙重新进入海区将成为本区的另一个重要的泥沙来源,改变本区岸滩冲淤格局。

## 3.3 大风天气条件下的岸滩变化

研究区内 4 条剖面在大风前后的重复测量结果

表明,本区中、高潮滩及其以上的滩涂变化较小,大风天气条件下也是如此,表明本区宽平的粉砂质潮滩与其局部动力条件基本达到平衡。但潮沟的变化较大,主要表现为潮沟整体摆动,以及沟肩的淤积和沟底的冲刷。所测量的几条剖面均在不同程度上出现该特征。滩涂下部在大风天气下的变化是有冲有淤,以淤为主。大风过后,低潮滩上普遍淤积有厚薄不等的淤泥。

大风浪对海岸线有较强的侵蚀作用,尤其在人工改变岸线形态、且尚未固结的岸段是如此。本次风暴潮就使小清河河口两侧人工岸堤上部的高约 1~2 m 的土堤侵蚀后退了 1~3 m;北侧的人工岛与连岛坝也遭受非常严重的破坏。

## 4 结论

在风暴潮过后,本区潮滩变化的总体特征为:中、高潮滩相对稳定,低潮滩淤积的特征。潮滩上潮沟整体摆动显著,较大潮沟的沟肩淤积、沟底侵蚀。

本区 50 多年来的岸线变化总体特征是前期变化较明显,后期逐渐趋于稳定。本区几次大的岸线变动都与人工建筑有关。人类活动极大地改变了本区海岸发育进程。

本区海岸将逐渐趋于稳定,强的风暴潮和人类活动将是本区岸滩变化的主要因素。

### 参考文献:

- [1] 程义吉,高管. 莱州湾海域水文特征及冲淤变化分析[J]. 海岸工程,2006,25(3): 1-6.
- [2] 韩美. 莱州湾地区海水入侵与地貌的关系[J]. 海洋与湖沼,1996,27(4): 414-420.
- [3] 崔兆武. 莱州湾西岸海潮情况及相应对策[J]. 山东水利,2002,12: 22-24.
- [4] 陈希村,张胜平,崔着义,等. 莱州湾“10.11”特大温带风暴潮分析[J]. 海洋预报,2004,21(4): 88-92.
- [5] 丰爱平,夏东兴,谷东起,等. 莱州湾南岸海岸侵蚀过程与原因研究[J]. 海洋科学进展,2006,24(1): 83-90.
- [6] 吴琛祯. 山东莱州湾将出现风暴潮现象渤海黄海已形成狂浪区[EB/OL]. <http://www.zjol.com.cn/05jx/system/2007/03/04/008216416.shtml>,2007-03-04.
- [7] 黄海军,李凡,庞家珍,等. 黄河三角洲与渤、黄海陆海相互作用研究[M]. 北京: 科学出版社,2005.
- [8] 孙连成. 小清河河口冲淤演变规律研究[J]. 水道港口,1999,3: 27-32.
- [9] 江文胜,王厚杰. 莱州湾悬浮泥沙分布形态及其与底质分布的关系[J]. 海洋与湖沼,2005,36(2): 97-103.

# Analysis of character of beach erosion and accumulation in the west coast of Laizhou Bay

LU Xiao-dong<sup>1</sup> LIU Yan-xia<sup>2,3,4</sup> YAN Li-wen<sup>2</sup>

(1. Shandong Electric Power Engineering Consulting Institute, Jinan 250013, China; 2. Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, Qingdao 266071, China; 3. Yantai Institute of Coastal Zone Research for Sustainable Development, Chinese Academy of Sciences, Yantai 264000, China; 4. Graduate School of the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049)

**Received:** Jan. ,2,2008

**Key words:** Laizhou Bay west coast; remote sensing; character of erosion and accumulation; beach profile; storm surge

**Abstract:** Beach profile has surveyed three times during the storm surge nearby the Xiaoqinghe River estuary along the west coast of Laizhou Bay. According to the contrastive data of beach profiles and the interpretation of remote sensing images and topographic maps, the character of beach erosion change was studied in the west coast of Laizhou Bay. The results show that little changes have taken place in upper and middle parts of tidal flats, and slight accumulation appeared in bottom of tidal flats. Last fifty years, the change of coastline was drastic before 1986; from then on it was relatively stable. we can conclude that the beach of the west coast of Laizhou Bay is basically steady, however some area changed evidently. The main reasons are human activities influence the coastal configuration and effect of big storm surge.