

1986年以来杭州湾围垦淤涨状况卫星遥感调查

张华国^{1,2,3}, 郭艳霞^{2,4}, 黄韦良^{2,3}, 周长宝^{2,3}

(1. 中国海洋大学, 青岛 260003; 2. 国家海洋局海洋动力过程与卫星海洋学重点实验室, 杭州 310012; 3. 国家海洋局第二海洋研究所, 杭州 310012; 4. 同济大学, 上海 200092)

摘要: 利用1986年以来8个时相的TM/ETM⁺遥感资料, 调查杭州湾围垦淤涨情况。在几何校正、图像拼接的基础上, 提取多时相的岸线; 利用GIS空间分析功能, 分析岸线动态变化、围垦淤涨状况及其趋势。结果表明, 1986年以来杭州湾岸线演化主要是由人工围垦和滩涂养殖引起。

关键词: 杭州湾; 遥感调查; 围垦淤涨

中图分类号: TP 79; P 737. 12^{*1}

文献标识码: A

文章编号: 1001-070X(2005)02-0050-05

0 引言

杭州湾是我国典型强潮河口海湾, 已被国家海洋局列为我国沿海重点生态监控区之一, 调查了解该区域生态环境、湿地与海岸带变化、海洋生物资源、海洋生物多样性和生物量等环境背景是一项十分重要的基础调查工作。然而, 杭州湾也是我国经济最为发达的区域之一, 海洋开发活动极为频繁, 近几年来, 浙江省千里高标准海塘的建设工程、杭州湾跨海大桥工程以及杭州湾新城建设工程等的实施都已经或正在对杭州湾海岸带产生着重大影响。

本次调查的目的就是充分利用卫星遥感方法在海岸带监测中的大范围快速监测、多时相动态监测、历史追溯监测等优势^[1-8], 对杭州湾海岸带岸线滩涂围垦淤涨的历史演进、现状进行调查, 分析其演化趋势, 为杭州湾区域环境和经济的可持续发展提供科学依据。

1 区域概况

调查区位于浙江省北部、上海市南部, 东临舟山群岛, 西至杭州市, 包括钱塘江河口区以及整个杭州湾, 西至杭州钱塘江大桥(钱江一桥), 东起上海市南汇县芦潮港至镇海区甬江口东侧, 如图1所示。

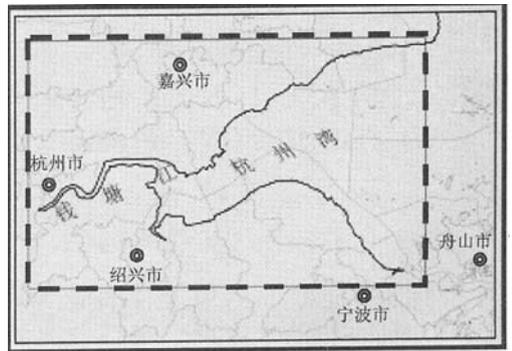


图1 调查区域示意图

钱塘江河口区区域自杭州至杭州湾, 河道逐渐变宽, 弯曲呈“之”字形, 大部分岸段都是围垦造地形成的人工岸线, 多数在20世纪80年代以前就形成^[1]。与杭州湾交界处的曹娥江河口区段80年代以来一直处于围垦状态。

杭州湾为东西走向的喇叭形强潮河口湾, 具有潮流急, 潮差大, 海水含沙量高的特征^[9]。杭州湾地区属滨海平原型淤泥质海岸, 局部地段基岩海岸发育, 如乍浦九山、澉浦秦山等^[1]。强劲的潮流使岸滩冲淤变化剧烈, 南北两岸长期经受着侵蚀、淤积作用, 在湾内外往复搬运的泥沙使岸滩冲淤变化剧烈, 南北两岸长期经受着侵蚀、淤积作用, 沉积动态上表现为“大冲大淤”。总体上看, 北岸侵蚀, 南岸淤积^[1]。

从20世纪60年代开始, 北岸全岸线结束自然演变状态, 完全由人工海堤充当岸线^[9]。因人工海塘工

程的修筑,杭州湾北岸虽是侵蚀岸,但不存在负增长地段。北岸岸线向海迁移基本上为人工填海和围海造田所致。杭州湾南岸为强淤积岸,从20世纪60年代后期开始就已经有计划的利用河槽多变、边滩时冲时淤的特征,突击围垦淤涨期的高滩。70年代后,金山石化总厂、镇海浙江炼油厂等大型工业造地项目,使海岸线演变加入更多的人为因素影响^[1]。

2 遥感数据处理

2.1 数据选取

选用 Landsat -5 和 Landsat -7 的 TM/ETM⁺ 多光谱数据,每个时相选用轨道号分别是 118/39 和 119/39 两景,共 16 景遥感数据,如表 1 所示。

表 1 遥感数据

传感器	时相	传感器	时相
TM	1986-12-09 09:44:00	TM	1986-07-25 09:54:01
TM	1990-12-04 09:44:35	TM	1990-06-02 09:51:46
TM	1995-07-11 09:30:26	TM	1995-08-19 09:34:50
ETM ⁺	2000-06-14 10:17:16	ETM ⁺	2000-05-04 10:23:50
ETM ⁺	2001-03-13 10:15:43	ETM ⁺	2001-03-04 10:21:55
ETM ⁺	2002-11-11 10:13:17	TM	2002-10-09 10:04:45
TM	2003-10-21 10:03:23	ETM ⁺	2003-03-26 10:20:13
TM	2004-07-19 10:07:49	ETM ⁺	2004-07-18 10:20:32
轨道号:118/39		轨道号:119/39	

2.2 技术路线

遥感监测流程如图 2 所示。

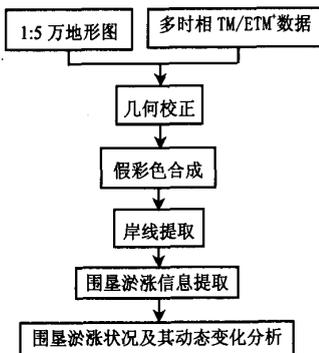


图 2 杭州湾围垦淤涨状况遥感监测流程

2.3 数据处理方法

2.3.1 几何校正与配准

几何校正采用 Envi 3.2 图像处理软件完成,方法采用二阶多项式。

首先,在 20 世纪 60 年代末或 70 年代初 1:5 万地形图上和 2004 年遥感图像上寻找同名点,认为在

地形图和遥感图像上找到的同名点,即作为控制点,并认为在 1986 ~ 2003 年的遥感图像上也能找到该地物点,作为相应年份遥感图像的控制点。控制点在原始图像上的坐标以像素行列号表示,其目标图像的坐标以地形图上读取的高斯 - 克里格投影平面坐标表示;然后,根据 2004 年遥感图像的控制点,在 1986 ~ 2003 年遥感图像上得到控制点的行列号,而其目标图像的坐标不变。由于轨道编号为 118/39 和 119/39 的两景遥感数据所包含的监测区域的面积不同,分别选取了 21 和 13 个控制点进行几何校正。所有遥感图像几何校正的均方根误差都在 1 个像元以内。

2.3.2 多波段合成

根据监测需要,对 TM 和 ETM⁺ 7、4、3 波段作假彩色合成。

2.3.3 图像拼接

图像拼接要求两幅图像具有统一坐标系,经过几何校正和配准后的遥感图像已经具备这样的条件。调查中没有直接将遥感图像进行拼接处理,而是先分别提取两景图像的海岸线,然后对矢量岸线进行拼接处理。选择该处理方法主要是基于以下考虑:从遥感图像上直接提取的信息只有海岸线这一单一的线状要素,而对矢量海岸线进行拼接相对遥感图像拼接方法简单,工作量少。

3 围垦淤涨信息提取方法

3.1 岸线提取方法

岸线提取是进行围垦淤涨信息提取的前提。大多数学者认为^[3,10,11],海岸线是多年平均大潮高潮位形成的痕迹线。由于调查区域的岸线基本以人工岸线为主,一般比较平直且清晰可辨,因此,采用目视解译方法直接在遥感图像上提取海岸线,不需进行潮位校正。将经过几何校正和假彩色合成的遥感图像作为底图,在 GIS 软件 Arcview 3.2 中进行人工跟踪海岸线,得到矢量海岸线。为保证海岸线提取合理、统一,在进行海岸线提取的过程中,遵循了海岸线判别依据。

(1) 河口岸线。调查范围内涉及的大河口包括曹娥江和甬江。曹娥江口和甬江口在 1986 ~ 2004 年都发生了巨大的变化,为了充分获取其变化信息,岸线将向河口内适当延伸。

(2) 人工岸线。主要的人工岸线有海塘、海堤以及养殖场堤坝等。对不同的人围垦情况处理方式

稍有不同: ①典型人工岸线。对典型的人工围垦区段以人工建筑物的外沿作为岸线进行解译; ②施工中的人工岸线。在遥感图像中还有部分未完工的人工岸线, 在岸线提取时根据完成情况区别对待, 对于有很大开口的部分不作为新的围垦处理, 对于基本完成围垦, 但还有微小的缺口, 且在围垦区内已有明显的人工改造迹象的部分就作为新的人工岸线处理; ③滩涂养殖场岸线。杭州湾南岸区域还有大量的滩涂养殖场, 位置通常位于标准海塘以外。在监测中选取养殖场的外沿作为海岸线; ④对于突出的人工建筑, 如丁字坝、码头等, 不作为岸线, 而是直接连接建筑物的两测作为岸线。

(3)基岩岸线。基岩岸线在监测区域内非常少见, 而且随着围垦的增加, 基岩岸线也是越来越少。对基岩岸线, 以遥感图像上的水边线作为岸线。

3.2 围垦淤涨信息提取方法

由于遥感数据得到的都是某一时刻的瞬时地物状况, 对于围垦和淤涨等动态变化的信息只能通过多时相的遥感数据, 通过比较海岸线的变化来确定围垦和淤涨的状况。本次遥感调查就是利用 1986~2004 年多个时相的卫星遥感数据, 获得多年的岸线信息后, 进行叠加分析, 得出各个期间的围垦和淤涨状况。基本方法是: 首先, 在 Arcview 软件中, 将两个相邻时相的遥感数据得到的海岸线叠加; 然后, 在 Arcinfo 软件中作拓扑分析, 得到两条岸线之间发生变化部分的多边形及其面积和周长等信息; 再在 Arcview 软件中与遥感图像作比较, 确定各个多边形的属性, 包括面积增长还是减少; 最后, 对增长面积和减少面积作统计分析, 从而得到杭州湾围垦淤涨变化情况。

4 杭州湾围垦淤涨状况及其趋势

4.1 杭州湾海岸线变迁状况

采用前述的海岸线提取方法, 得到了杭州湾监测区域 8 个时相的海岸线。结果显示, 杭州湾海岸线变化有两个方面的特点:

(1)杭州湾海岸线在 1986~2004 年处于动态变化之中, 其中人工围垦、滩涂养殖和海塘建设是引起海岸线变化的主要原因。另外, 有少量海岸线退发生, 根据遥感影像特征, 可以断定主要是由于偶然突发的自然事件造成人工海岸线被破坏引起的。

(2)杭州湾海岸线的变化具有相对集中的地理

分布。根据监测得到的海岸线数据发现发生重大变化的区域主要集中于曹娥江口、余姚—慈溪—镇海和上海金山等地。插页彩片 4 和插页彩片 5 分别是曹娥江口和庵东—观城一带沿海岸线变化影像图。

4.2 杭州湾围垦淤涨和侵蚀状况

由 8 个时相的遥感数据, 获得了 7 个时期的围垦淤涨和侵蚀信息, 表 2 列出了各个时期由于围垦淤涨和侵蚀造成监测区域的陆地面积变化的统计信息。表 3 列出了各个时期由于围垦淤涨和侵蚀造成监测区域的陆地面积变化的区域个数统计信息。

表 2 各个时期监测区域的陆地面积变化信息

时期/年	增加面积/km ²	减少面积/km ²	净增面积/km ²	年平均净增面积/km ²
1986~1990	23.246	0.252	22.994	5.749
1990~1995	66.854	0.457	66.397	13.279
1995~2000	164.244	0.515	163.729	32.746
2000~2001	10.129	0.243	9.887	9.887
2001~2002	44.583	0.007	44.576	44.576
2002~2003	31.060	0.004	31.056	31.056
2003~2004	13.158	0	13.158	13.158
合计	353.274	1.478	351.797	

表 3 各个时期监测区域围垦淤涨和侵蚀区域数量

时期/年	变化区域/个	增加区域/个	减少区域/个	面积 > 1 km ² 区域/个
1986~1990	23	20	3	5
1990~1995	19	17	2	6
1995~2000	33	29	4	13
2000~2001	24	18	6	2
2001~2002	26	24	2	5
2002~2003	31	30	1	4
2003~2004	16	16	0	5
合计	172	154	18	40

统计结果显示, 1986~2004 年, 因围垦淤涨增加的陆地面积达 353.274 km², 因侵蚀造成的陆地面积减少仅为 1.478 km², 净增加陆地面积 351.797 km²。该期间面积发生明显变化的区域数达 172 个, 其中增加面积区域 154 个, 减少面积区域 18 个, 面积大于 1 km² 的区域数为 40 个, 且都为面积增加区域 (图 3, 图 4)。

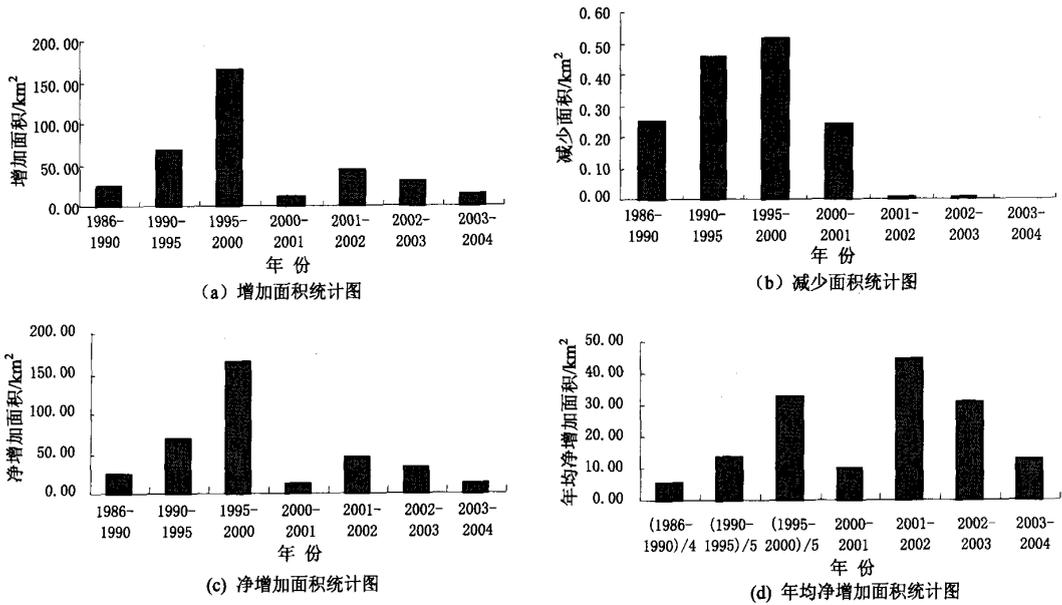


图3 各个时期杭州湾围垦淤涨和侵蚀面积变化柱状图

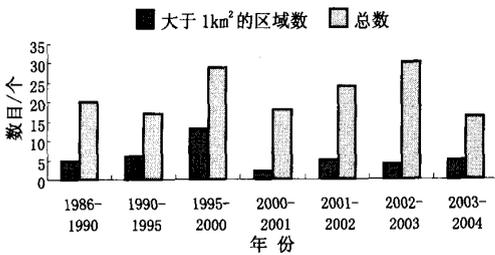


图4 各个时期围垦淤涨区域和 >1 km² 的区域数

4.3 1986年以来杭州湾围垦淤涨特征分析

根据遥感监测结果,从面积、区域数量和地理分布等方面,对1986年以来杭州湾围垦淤涨的特征进行分析。

(1) 围垦淤涨面积。由图3(d)可知,在1986~2004年,杭州湾区域因围垦淤涨引起的陆地面积的年均净增加面积,除2000~2001年外,基本上是逐年增加,至2001~2002年最高,在最近3a又有所回落。由于2000年以前是每5a一个时相的遥感数据,没法得到更详细的信息,但从2000年以来的数据可推断,在2001~2003年间有一轮较大规模的围垦工程,目前正处于一个围垦的相对低潮。

(2) 围垦淤涨区域数量。从图4可以发现,2000年以后每年面积增长的区域数量急剧上升,甚至比前5a中发生的区域数量还多。对遥感图像进行分析,认为主要是因为2000年以后杭州湾南岸特别是慈溪和余姚沿海,滩涂养殖场发展迅速,大量的养殖场分布于海塘线以外,从而造成大量的增长区块。从大面积(>1 km²)围垦区域的数量来看,2000年

以后的数量也是比2000年以前多。从年平均的角度看,基本上呈逐年上升的趋势,1986~1990年,平均每年1.2个大面积围垦,现在平均每年5个大面积围垦。特别是2001年以后大面积围垦数量基本稳定,说明该阶段的围垦更具计划性。

(3) 围垦淤涨区域地理分布。通过对围垦淤涨发生的地理分布分析,发现1986年以来,1 km²以上的大面积围垦主要发生在杭州湾南岸,特别是曹娥江河口地区几乎在每个时期内都发生了大面积的围垦,目前仍在继续。1986年以来,累积围垦面积已达124.281 728 km²,是围垦最为集中的地区。另外余姚、慈溪、镇海地区的西三闸—庵东—观城—澉浦—镇海一线沿海也是围垦的重点区域,该区域累积围垦的面积达156.375 604 km²。此外,上海金山也是围垦集中区域,1986年以来不间断地在围垦,其中面积>1 km²的大面积围垦就有7次。其余大部分围垦增长的面积都是零星的并且是在短时间内完成的。例如钱江农场地区的围垦是2000前后完成了两个大面积的围垦,乍浦港因港口发展的需要分别于1990年前后、2000年前后和2004年进行了3次大规模的围海造地。澉浦山是最近围垦比较快的区域之一,在2000年前后、2002年以及2004年都进行大面积的围垦,从遥感图像上还可以看到,更大面积的围垦正在进行。

5 结束语

(1) 利用遥感技术方法,对杭州湾区域的围垦淤

涨情况进行了动态监测,得到了准确客观的围垦淤涨信息,充分发挥了卫星遥感方法大范围快速监测、多时相动态监测、历史追溯监测等优势;

(2) 获得了 1986 年以来杭州湾区域围垦淤涨和侵蚀状况的历史数据,结果表明,杭州湾岸线演化从未停止,主要由人工围垦和滩涂养殖引起的围垦和淤涨。通过对围垦淤涨信息的分析,大面积围垦区域数量较多,表明杭州湾的围垦是有计划集中开展的;

(3) 获得了杭州湾围垦淤涨现状、历史演化进程和演化趋势等信息,这对于杭州湾区域发展规划制定具有重要意义,为杭州湾区域环境和经济的可持续发展提供了科学依据。

参考文献

[1] 杨金中,李志中,赵玉灵. 杭州湾南北两岸岸线变迁动态调查[J]. 国土资源遥感,2002,(1):23-28.

[2] 黄海军,李成治,郭建军. 卫星图像在黄河三角洲岸线变化研究中的应用[J]. 海洋地质与第四纪地质,1994,14(2):29-37.

[3] 张振德,肖继春. 遥感在滩涂演变调查中的应用方法研究[J]. 国土资源遥感,1995,(3):25-28.

[4] 周成虎,骆剑承,杨晓梅,等. 遥感影像的地学理解与分析[M]. 北京:科学出版社,1999.

[5] 蔡则健,吴曙光. 江苏海岸线演变趋势遥感分析[J]. 国土资源遥感,2002,(3):19-23.

[6] 蔡则健,吴曙光. 江苏沿海滩涂资源及其发展趋势遥感分析[J]. 国土资源遥感,2002,(3):24-28.

[7] 姜义,李建芬,康慧,等. 渤海湾西岸近百年来海岸线变迁遥感分析[J]. 国土资源遥感,2003,(4):54-58.

[8] 张华国,周长宝,楼绣林,等. 舟山群岛-宁波深水港群遥感综合调查[J]. 国土资源遥感,2003,(4):63-67.

[9] 中国海湾志编纂委员会. 中国海湾志·第五分册(上海市和浙江省北部海湾)[M]. 北京:海洋出版社,1992.

[10] 赵明才,章大初. 海岸线定义问题的讨论[J]. 海岸工程,1990,9(3-4):91-99.

[11] 盛静芬,朱大奎. 海岸侵蚀和海岸线管理的初步研究[J]. 海洋通报,2002,21(4):50-57.

[12] 梅安新,彭望绿,秦其明,等. 遥感导论[M]. 北京:高等教育出版社,2001.

A REMOTE SENSING INVESTIGATION OF INNING AND SILTING IN HANGZHOU BAY SINCE 1986

ZHANG Hua-guo^{1,2,3}, GUO Yan-xia^{2,4}, HUANG Wei-gen^{2,3}, ZHOU Chang-bao^{2,3}

(1. Ocean University of China, Qingdao 260003, China; 2. Lab. of Ocean Dynamic Processes & Satellite Oceanography, State Oceanic Administration, Hangzhou 310012, China; 3. Second Institute of Oceanography, State Oceanic Administration, Hangzhou 310012, China; 4. Tongji University, Shanghai 200092, China)

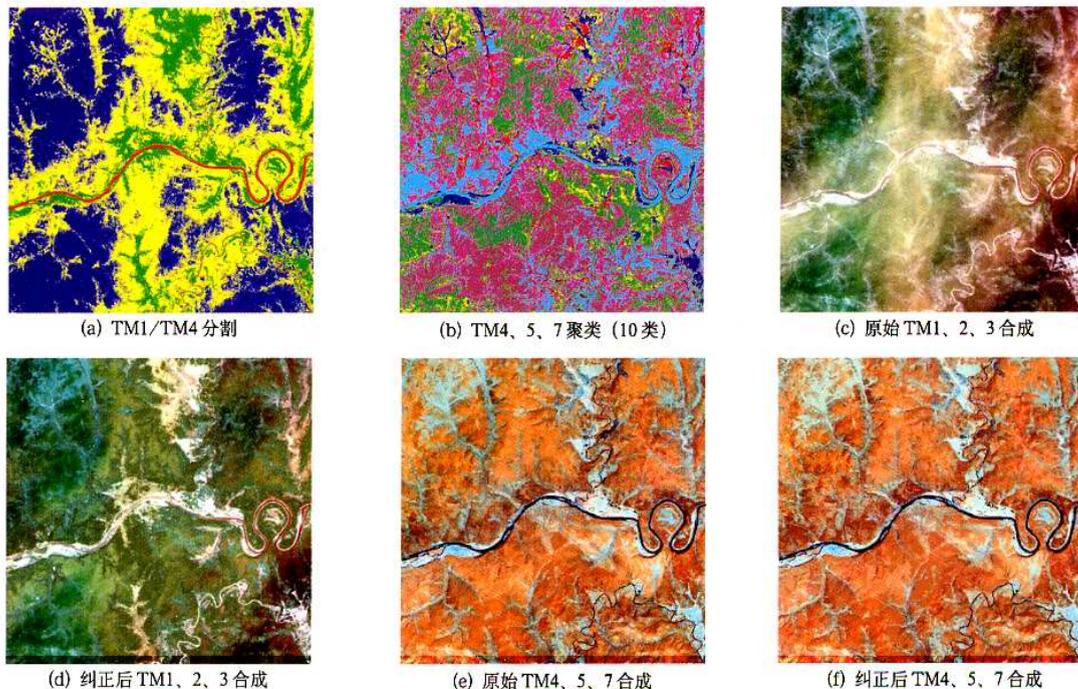
Abstract: This paper describes the investigation of inning and silting in Hangzhou bay using 8 times TM/ETM⁺ since 1986. Remote sensing image processes including geometric correction and false color combination and mosaiking were carried out before deriving shorelines. Then the information of shoreline dynamic changes, inning and silting was obtained by utilizing the space analysis function of geographical information system (GIS). The results show that the shorelines of Hangzhou bay have been changing since 1986 mainly due to manual inning and beach breeding. The investigation also reveals that the manual projects are carried out on the basis of planning.

Key words: Hangzhou bay; Remote sensing investigation; Inning and silting

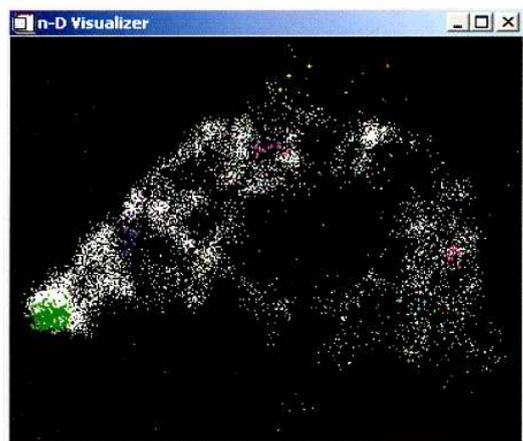
第一作者简介:张华国(1977-),男,硕士,中国海洋大学在读博士,国家海洋局第二海洋研究所助理研究员,主要从事海洋海岸带遥感与GIS技术研究,已公开发表论文18余篇。

(责任编辑:周树英)

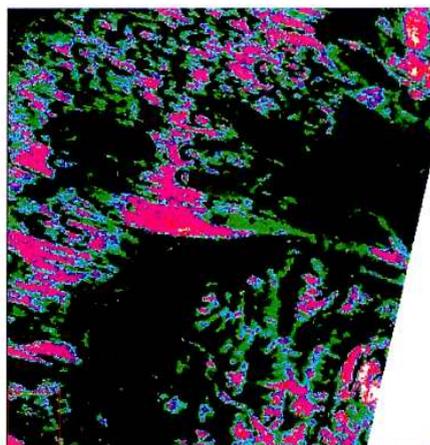




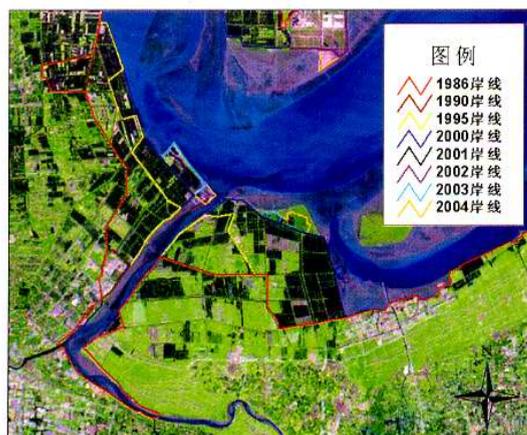
彩片1 梁顺林算法的纠正结果



彩片2 一个具体的散点图



彩片3 沙漠化监测指数



彩片4 1986年以来曹娥江河口区岸线演变



彩片5 1986年以来庵东-观城一带海岸线演变

(彩片2见陶秋香一文; 彩片3见曾永年一文;
彩片4、5见张华国一文)