

基于遥感技术的大亚湾海岸线的变迁研究

于 杰¹, 杜飞雁^{1,2,3}, 陈国宝¹, 黄洪辉^{1,2}, 李永振^{1,2}

(1. 中国水产科学研究院南海水产研究所, 广东 广州 510300;

2. 农业部渔业生态环境重点开放实验室, 广东 广州 510300;

3. 厦门大学海洋与环境学院博士后流动站, 福建 厦门 361005)

摘要: 利用 Landsat 卫星数据, 经边缘检测、彩色合成图像处理, 分析大亚湾海岸的岸相特征, 提取海岸线, 研究大亚湾海岸近 20 a 来(1987 年~2005 年)的变化特征。结果显示, 大亚湾海岸线变化主要受人为因素影响, 岸线变迁最大的是泥质海岸带, 沙质和基岩海岸的变化较小。岸线变化主要集中在西岸和北岸, 以养殖开发、工业用地、城镇和港口建设用地开发为主。

关键词: 海岸线; 遥感; 岸线变迁

中图分类号: TP 79 **文献标志码:** A **文章编号:** 1004-0323(2009)04-0512-05

1 引 言

大亚湾位于广东省境内, 西邻大鹏湾, 东接红海湾, 南接南海, 范围为 $22^{\circ}30' \sim 22^{\circ}50' N$, $114^{\circ}30' \sim 114^{\circ}50' E$ 之间, 大亚湾海域示意图如图 1 所示。大亚湾生态环境优良, 生物种类繁多, 是广东省重要的水产资源保护区, 并拥有国家级海龟自然保护区。与此同时, 大亚湾沿岸的工业、农业、旅游业极为发达, 环境保护同经济发展的矛盾日益突出。开展大亚湾岸线资源调查, 对保护岸线资源, 加强海岸带综合管理, 协调人类与海岸带的关系, 维护生态环境健康发展具有重要意义。

采用岸上驱车调查, 不仅工作量大, 而且花费较高。遥感图像可以直观地反映海岸线的岸相特征, 通过不同时相图像对比分析, 了解岸线的冲淤变化及海岸地貌变迁。目前, 海岸带遥感调查技术的理论算法相对成熟, 国内外在这方面开展的应用研究也较多^[1-3], 采用的遥感数据源有 Landsat、SAR、SPOT、Quickbird 等^[4-6]。大亚湾岸线长约 92 km^[7], 岸相主要为沙质海岸、泥质海岸、基岩海岸以及沿岸工程建造的人工海岸。夏真^[8]等曾经利用

Landsat 数据研究了 1973 年至 1997 年大亚湾的岸线变动情况, 并对岸线的发展趋势进行了分析。然而, 从 1998 年开始, 大亚湾周边的人类活动日益频繁, 南海石化、大亚湾核电站、马鞭洲原油码头等大型企业的建设活动, 改变了岸线的自然变迁进程。

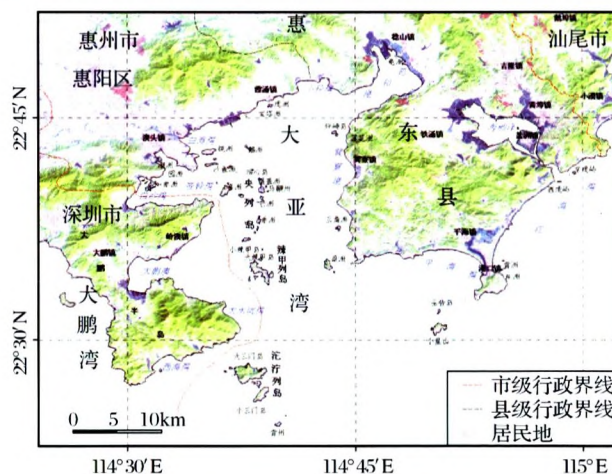


图 1 研究区域示意图

Fig. 1 Location of the study area

本文采用 Landsat 卫星遥感数据, 经过大气校正、几何校正、水边线提取和潮汐校正等图像处理过

收稿日期: 2008-07-25; 修订日期: 2009-04-21

基金项目: 中央级公益性科研院所基本科研业务费专项资金项目(2007ZD08、2007TS09); 农业部渔业生态环境重点开发实验室和广东省渔业生态环境重点实验室开放基金课题(2006-2); 国家社会公益研究专项项目(2004DIB3J098); 广东省科技计划项目(2005B31001005); 广东省自然科学基金项目(04001263)。

作者简介: 于杰(1980-), 女, 硕士, 主要从事海洋渔业遥感技术研究。E-mail: yujie061992@yahoo.com.cn。

通讯作者: 李永振(1966-), 研究员, 研究方向为海洋生物、渔业生态及渔业资源。E-mail: y. z. li@163.net。

程,结合 GIS 软件和现场踏勘技术提取了大亚湾的海岸线,应用 5 个时相遥感图像研究了近 20 年来海岸线的变迁情况。

2 研究材料与遥感数据预处理

2.1 研究材料

遥感数据为从中国遥感卫星地面站购买的 Landsat 卫星二级产品,本文以 1987 年 1 月 31 日、1993 年 1 月 31 日、1997 年 1 月 10 日、2001 年 01 月 05 日和 2005 年 1 月 16 日 5 个时相的卫星数据(指北)为数据源,卫星数据的 WRS 坐标为 121/44,空间分辨率为 25 m。这 5 套卫星数据都是在晴朗的冬季接收的,具有相似的气候与大气条件,子图像上空云量较少,图像质量良好。从整景图像中截取能完全覆盖大亚湾海区的子图像作为研究对象。

2.2 遥感数据预处理

2.2.1 辐射定标

从遥感机构获取的 TM 数据是以 0~255 数值表示的灰度值(DN 值)。在应用遥感数据之前,用户需要将灰度值换算成辐射亮度值,这个过程称为辐射定标。目前,辐射定标的方法有两种:一种是利用权威遥感机构公布的截距和斜率数据建立线性方程;另一种是利用 TM 数据 fast 格式头文件中提供的最大辐射值和最小辐射值,根据最大辐射值代表灰度值 255,最小辐射值代表灰度值 0,从而计算任一灰度值对应的辐射值。

本文采用的是第一种辐射定标方法。截距和斜率值采用美国 USGS 发布的结果。计算公式如下^[9]:

$$L = \text{Gain} \times \text{DN} + \text{Bias} \quad (1)$$

其中: L 表示传感器接收到的辐射亮度值; DN 代表图像的灰度值。

2.2.2 大气辐射校正

应用遥感数据提取海岸线信息时,多采用受大气影响较小的红外波段,一般无需进行大气校正。考虑到在海岸线解译时,真彩色合成图起到辅助作用,对 TM 的 3 个可见光波段进行了大气辐射校正。由于本研究缺少实测数据,因而考虑采用黑暗像元法做大气校正,大亚湾处于亚热带气候区,其周围陆地山区终年均有浓密植被存在,推断遥感影像上应该存在反射率为 0 的暗像元点。又由于大亚湾沿岸山的海拔不高,卫星过境时(北京时间 10 点左右)太阳的天顶角较高,直接从遥感影像上寻找处于山体阴影处的浓密植被区是比较困难的。本文用直

方图的下限值代表程辐射量,通过对照各直方图下限值在遥感影像上的坐标位置,发现均散落在山区,因而认为本研究选择直方图下限值作为暗像元是合理的。应用 IDL 软件编程实现了遥感图像的大气辐射校正,经校正后图像蓝化现象明显消除,且图像更加清晰,校正结果可以满足本研究的需要。

2.2.3 几何精校正

几何精校正是海岸线提取研究中的必要步骤,本研究在 ArcGIS 软件中,以 1:50 000 地形图为底图,对 5 个时相的遥感图像进行了几何精校正,所有影像的投影坐标系均采用高斯-克吕格投影和北京坐标系,影像的校正、配准采用二次多项式变换,利用双线性内插法进行重采样。几何精校正误差 RMS 均满足利用多时相遥感影像进行动态变化检测时几何校正误差小于 0.5 个像元的要求^[10]。

3 海岸线提取方法

3.1 水边线提取

水边线是指卫星过境时海水和陆地的分界线,根据陆地与水体具有不同的反射率特性,其 2.08~2.35 μm 红外波段(第 7 波段)图像的直方图呈双峰,采用直方图鞍部最低点所对应的数值作为阈值,对图像进行二值化处理,实现海陆分界。本文使用 Roberts 和 Sobel 算子分别对图像进行边缘检测试验,发现 Roberts 算子对图像的提取效果优于 Sobel 算子,因而采用 Roberts 算子对 5 个时相的第 7 波段二值图像进行了边缘检测处理,得到水边线图。

3.2 海岸线提取

在 ArcGIS 软件中以水边线图为基础,使用 sketch tool 工具矢量化水边线,得到水边线矢量图。而要从水边线矢量图中确定海岸线的位置,还需要考虑潮汐、岸相等因素,因而,需要对图像做潮汐校正和岸相解译分析。

3.2.1 潮汐校正

由于各图像成像时的潮位不同,致使水边线的位置不同,在潮差变化较大时,就需要对海岸线进行潮汐校正。本研究选取的图像为冬季,潮位变化较小,从表 1 中列出的 5 个时相的潮汐变化情况看,潮位差变化并不明显,最大为 61 cm。大亚湾沿岸除人工海岸外,广泛分布着坡度较大的基岩海岸,淤泥质海岸较少,且基本已开发用于养殖,在养殖区外均建有防波堤,因此潮汐的变化对此 3 类海岸的影响较小,可以忽略不计。对于砂质海岸来说,潮汐的变化对其影响还是比较显著的,本文在划分砂质海岸

和少量的坡度不大的基岩海岸时,以陆地植物生长分布边缘为分界,因此无需做潮汐校正。

3.2.2 岸相类型解译

岸相类型解译是根据地物的光谱特性、纹理和颜色特征不同,而在遥感图像上具有独特的影像特征为解译标志。本文采用 TM 3、2、1 波段的真彩色合成图像用于岸相的解译分析,在真彩色图像上,地物颜色基本上与其自然色彩相同,如人工海岸和砂质海岸呈灰白色,有植被覆盖的基岩海岸呈现墨绿色,波浪在从湾口向湾内传播过程,在基岩海岸的迎浪面激起白色浪花。人工海岸上建有港口、码头或船坞等,多与居民地相连,海岸形状较规则;砂质海

岸由于其独特的地理和气候条件多呈弧形;基岩质海岸岸线曲折;入湾的河流淤泥质海岸,已开发的淤泥质海岸广泛分布着格子状的养殖田。针对某些地物光谱特性相近,在真彩色图像上难以分辨的情况,将结合其它信息量更为丰富的波段组合彩色合成图像辅助解译,彩色合成的组合波段应选择能体现信息量最多为原则,通过对各时相 7 个波段图像的亮度值统计结果发现,以 TM5 的信息量最为丰富,其次是 4 波段,在 3 个可见光波段中,以 3 波段的信息量优于 1、2 波段,因此,选用 4、5、3 三个波段分别赋予红、绿、蓝制作彩色合成图,用于岸相类型辅助解译。

表 1 卫星成像时刻的潮汐情况

Table 1 Tidal information when satellite passing

成像日期(格式:yyyymmdd)	成像时间	潮位站	成像时刻潮位(cm)	可比潮位(cm)	以 1997 年为准的差值(cm)
19870131	10:06:08	香港	122	104	-47
19930131	10:07:45	大亚湾	122	122	-29
19970110	10:09:23	大亚湾	151	151	0
20010105	10:25:37	大亚湾	90	90	-61
20050116	10:32:37	大亚湾	95	95	-56

注:a. 1987 年 1 月 31 日无大亚湾潮位站资料,参照附近香港潮位站的观测值。B. 可比潮位是指各个潮位站所测潮高相对于大亚湾潮位站基准面的潮位数值,香港潮位站的潮位基准面为平均海平面以下 138 cm,大亚湾潮位站的潮位基准面为平均海平面以下 120 cm。

大亚湾的岸相主要为基岩海岸、沙、砾质海岸,少数为泥质和红树海岸^[7]。通过分析 5 个时相图像的岸相分布,发现砂质海岸广泛分布在大亚湾的东岸,其次是北岸,在基岩岬角的海湾有零散分布,并形成弧形砂质海岸;泥质海岸仅在范和港和西岸有零星分布;基岩海岸主要分布在西南岸;人工海岸广泛在大亚湾西部和北部的养殖区域、城镇和港口等地。

3.2.3 海岸线遥感解译

岸相类型确定以后,需要根据不同岸相的遥感成像特点来修正水边线,获取真实位置的海岸线。砂质海岸是砂粒在海浪作用下堆积形成的,在波浪无法作用的区域砂质也就会消失^[11],因此可以把砂质海岸和陆地上非砂质地物的分界线作为海岸线。对于基岩海岸和人工海岸,水边线基本上代表着海岸线。基岩海岸可采用海崖角和直立陡崖的水陆直接交接地带作为解译标志。大亚湾的淤泥质海岸较少,岸滩面积不大,选择与其它地物(如植被、虾池、公路等)的分界线作为海岸线^[11]。

4 岸线变化分析

岸线变化受到自然和人为因素的影响,不同遥

感时相的岸线变化如图 2 所示,图 2 中分别列出了 1987~1993 年、1993~1997 年、1997~2001 年和 2001~2005 年间的岸线变化情况。从图中可以看出岸线变化以 1987~1993 年速度最快,其次是 2001~2005 年,以 1997~2001 年的变化最小。1987~1993 年岸线变化主要发生在范和港顶、澳头及白寿湾。其中范和港主要是养殖开发用地,澳头及白寿湾为城镇和港口建设用地;1993~1997 年岸线变化集中体现在西岸白寿湾、澳头、白沙湾西南角和大鹏澳北岸,为城镇和港口建设用地,另外在马鞭洲也有较大的岸线外括,为工业用地;1997~2001 年仅在大鹏澳西南角存在一养殖开发用地;2001~2005 年岸线变化以大亚湾西北岸的工业用地最大,另外在大鹏澳西南角也存在养殖占海用地。

大亚湾不同岸相岸线的变化情况也略有不同,以泥质海岸的变化最大,主要是因为水产养殖和海岸工程建设等占用了大量的滩涂资源,泥质海岸的长度逐年减小;沙质海岸和基岩海岸的变化不大;人工海岸的长度随着沿岸工、农业的发展而增长。

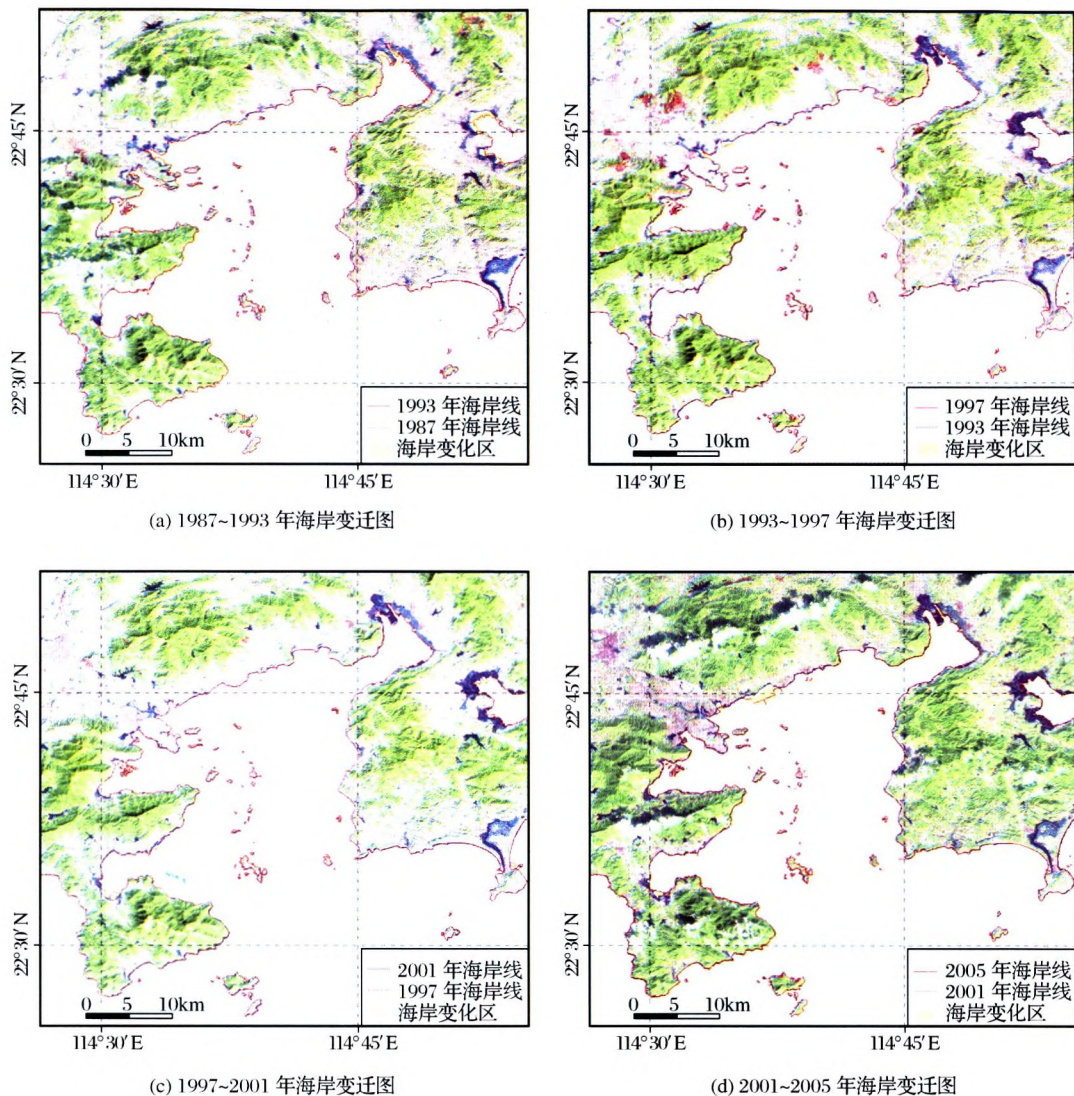


图2 大亚湾海岸线变迁图

Fig. 2 Coastline change of Daya bay

5 结 语

大亚湾沿岸除白寿湾湾顶的澳淡河外无大的河流汇入,且潮汐作用相对不强,因而对岸滩冲淤变化不大,岸线变迁主要是由人类的填海活动引起的。人类对大亚湾海岸带的开发集中在西岸和北岸,这些区域以泥质海岸为主,开发用途为养殖用地、城镇建设、港口、码头及防波堤建设和工业用地;分布广泛的沙质海岸多用于旅游开发,保护相对较好,岸线变化较小;基岩海岸变化较少,仅以马鞭洲广州石化工业用地最为突出。

本文应用 Landsat 遥感数据成功提取了大亚湾的海岸线,并根据 5 个时相的遥感数据分析了近 20 年来大亚湾海岸的变迁情况,研究成果可为决策部门开展大亚湾岸线资源及海洋环境保护提供参考。

致谢:南海水产研究所的张汉华和孙典荣两位老师在海岸线解译上给予了帮助和指导,在此表示感谢!

参考文献:

- [1] Ekercin S. Coastline Change Assessment at the Aegean Sea Coasts in Turkey Using Multitemporal Landsat Imagery[J]. Journal of Coastal Research, 2007, 23(3): 691-698.
- [2] Alesheikh A A, Ghorbanali A, Nouri N. Coastline Change Detection Using Remote Sensing[J]. Int. J. Environ. Sci. Tech, 2007, 4(1): 61-66.
- [3] Zhu Xiaoge. Remote Sensing Monitoring of Coastline Changes in Pearl River Estuary[J]. Marine Environmental Science, 2002, 21(2): 19-22. [朱小鸽. 珠江口海岸线变化的遥感监测[J]. 海洋环境科学, 2002, 21(2): 19-22.]
- [4] Sun Meixian, Zhang Wei. Study on Coastline Remote Sensing Survey and Application in Fujian Province[J]. Journal of Oceanography in Taiwan Strait, 2004, 23(2): 213-219. [孙美仙,

- 张伟. 福建省海岸线遥感调查方法及其应用研究[J]. 台湾海峡, 2004, 23(2): 213-219.]
- [5] Wang H W, Wang C T, Chen W K. Analysis Change Detection Waterline in West Taiwan Using Satellite SAR Imagery [J]. Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 2007, 12(2): 107-119.
- [6] Victorov S, Bychkova I, Popova T, *et al.* Remote Sensing Change Detection in Coastal Zone Landscapes: Case Study of ST-Petersburg Region[J]. EcoSys Suppl. -Bd, 2004, 42: 29-35.
- [7] Li Rongguan, Jiang Jinxiang. Rocky Intertidal Community Around Nuclear Power Station in Daya Bay[J]. Acta Ecologica Sinica, 1993, 13(4): 380-382. [李荣冠, 江锦祥. 大亚湾核电站附近水域岩相潮间带生物群落[J]. 生态学报, 1993, 13(4): 380-382.]
- [8] Xia Zhen, Chen Taihao, Zhao Qingxian. Study on the Shoreline Change by Multiseasonal Satellite Remote Sensing Data-take DayaWan Bay as a Plot[J]. South China Sea Geology, 2000, (12): 102-108. [夏真, 陈太浩, 赵庆献. 多时相卫星遥感海岸线变迁研究——以大亚湾地区为例[J]. 南海地质研究, 2000, (12): 102-108.]
- [9] Chen Jun, Wang Wen, Li Ziyang, *et al.* Landsat-5 Satellite Overview[J]. Remote Sensing Information, 2007, 3: 85-88. [陈俊, 王文, 李子扬, 等. Landsat-5 卫星数据产品[J]. 遥感信息, 2007, 3: 85-88.]
- [10] Wang Lin. Dynamic Monitoring of the Shoreline Changes in Xiamen Island with Its Surrounding Areas of SE China Using Remote Sensing Technology[J]. Remote Sensing Technology and Application, 2005, 20(4): 404-410. [王琳. 厦门岛及其邻域海岸线变化的遥感动态监测[J]. 遥感技术与应用, 2005, 20(4): 404-410.]
- [11] Ma Xiaofeng, Zhao Dongzhi, Zhang Fengshou, *et al.* An Overview of Means of Withdrawing Coastline by Remote Sensing [J]. Remote Sensing Technology and Application, 2007, 22(4): 575-579. [马小峰, 赵冬至, 张丰收, 等. 海岸线卫星遥感提取方法研究进展[J]. 遥感技术与应用, 2007, 22(4): 575-579.]

Research on Coastline Change of Daya Bay Using Remote Sensing Technology

YU Jie¹, DU Fei-yan^{1,2,3}, CHEN Guo-bao¹,
HUANG Hong-hui^{1,2}, LI Yong-zhen^{1,2}

(1. South China Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Guangzhou 510300, China; 2. Key Laboratory of Fishery Ecology Environment, Ministry of Agriculture, Guangzhou 510300, China; 3. College of Oceanography and Environmental Science Post-doctoral, Xiamen 361005, China)

Abstract: The coastline was extracted from Landsat remote sensing image, through edge detection and color composite method, to analyze the variation characteristics of the coast in Daya Bay. Result shows that people activity are the main reason of coastline change, and muddy coast changed most among part of all the four coastline style, sand and rock changed a little. Coast change mostly occurred at west and north part of the Daya Bay which exploited for aquaculture, industry, town and port building.

Key words: Coastline; Remote sensing; Coastline change