

海南岛南部海岸线变迁及其成因

李 刚, 万荣胜, 陈泓君, 唐江浪, 李 波

(国土资源部海底矿产资源重点实验室, 广州 510075; 中国地质调查局广州海洋地质调查局, 广州 510075)

摘 要:海岸带是陆地和海洋相互作用的地带, 是人类活动最为活跃、经济相对发达的地区, 同时也是自然生态环境相对脆弱、资源环境承载力相对有限的地区。海岸线的变化情况研究对海岸带资源开发与保护有着重要的意义, 而遥感技术对海岸线的动态监测具有独特的优势。通过对多源遥感影像数据进行挖掘, 对 1991—2013 年岸线变化情况进行研究, 解译出 5 个时相的海南岛南部海岸线, 统计了岸线变化趋势, 并分析了典型区岸线变化原因。研究表明: 从总体上看, 岸线总长度在 1991—2013 年间变化不大, 在 560~600 km 之间, 波动很小; 但局部岸线变化比较大, 主要是随着城市建设的发展而围海造地、码头建设以及鱼塘围垦所引起的。

关键词:海南岛; 遥感; 海岸线; 变迁

中图分类号: TP79

文献标识码: A

DOI: 10.16028/j.1009-2722.2018.01008

海岸线是由各种地质因素相互作用、河流和海洋沉积物淤积、各种气象和海洋条件以及人类社会经济活动造成的。海岸侵蚀、淤涨、海平面上升等自然变化和人工堤坝、围垦、采砂等社会因素的变化都会导致海岸线的扩张或缩减。这种变化不仅影响着海岸线的迁移速度, 而且很可能改变其原来的延伸方向。海岸线对沿海滩涂面积和湿地生态系统具有重要的作用, 其变化直接改变潮间带滩涂资源量及海岸带环境, 影响沿海的经济发展。因此, 快速准确地监测海岸线变化, 为决策部门提供动态、科学、及时有效的信息, 对进行海岸、滩涂的开发利用和海洋灾害评估等都具有十分重要的意义^[1-3]。

利用遥感技术来研究海岸线变迁情况, 具有宏观、快速、实时、动态和适用领域广等特点, 可不依赖于海域和地表状况进行长期调查^[4]; 与传统

方法相比, 海岸线遥感监测可以节省投入费用, 具有很高的经济效益和社会效益^[5]。

海南岛位于中国雷州半岛的南部。从平面上看, 海南岛就像一只雪梨, 横卧在南海之上。海南岛的长轴呈 NE—SW 向, 长约逾 300 km, NW—SE 向为短轴, 长约 180 km, 面积 3.54 万 km², 是中国仅次于台湾岛的第 2 大岛^[6,7]。近年来, 很多学者利用遥感技术对我国大部分地区岸线变迁进行了研究^[8-17], 而海南岛南部地区岸线变迁的研究则较少。本文基于近 30 年的卫星遥感资料, 对海南岛南部地区海岸带的变迁情况进行研究, 分析其变迁原因。

1 材料与方法

1.1 数据源

遥感解译影像时间跨度从 20 世纪 90 年代到 2013 年, 共分为 1991、1999、2004、2012、2013 年 5 个时相, 遥感数据相关信息如表 1、表 2 所示。

收稿日期: 2017-06-30

基金项目: 中国地质调查局项目 (GZH201300502)

作者简介: 李 刚 (1982—), 男, 硕士, 工程师, 主要从事遥感地质解译、地形地貌研究、空间数据库建设等工作。E-mail: rs-gis123@126.com

表 1 传感器信息

Table 1 Remote sensor information

卫星传感器	波段	波长范围	波长属性	空间分辨率	标准宽幅/km×km
Landsat 5TM	1	0.45~0.53	蓝	30	185×185
	2	0.52~0.60	绿	30	185×185
	3	0.63~0.69	红	30	185×185
	4	0.76~0.90	近红外	30	185×185
	5	1.55~1.75	短红外	30	185×185
	6	10.40~12.50	热红外	120	185×185
	7	2.08~2.35	短波红外	30	185×185
SPOT-5 HRG	1	0.50~0.59	绿	10	60×60
	2	0.61~0.68	红	10	60×60
	3	0.78~0.89	近红外	10	60×60
	4	1.58~1.75	短红外	20	60×60
Landsat ETM+	1	0.45~0.53	蓝	30	185×185
	2	0.52~0.60	绿	30	185×185
	3	0.63~0.69	红	30	185×185
	4	0.76~0.90	近红外	30	185×185
	5	1.55~1.75	短红外	30	185×185
	61,62	10.40~12.50	热红外	60	185×185
	7	2.09~2.35	短波红外	30	185×185
	8	0.52~0.90	全色	15	185×185

其中 SPOT5 数据的成像时间为 2013 年 1 月和 10 月,SPOT4 数据成像时间跨度比较大,分为 3 个时间段:2010 年 7 月、2011 年 3 月和 11 月、2012 年 12 月。SPOT 数据时间跨度大的原因主要研究区常年云层覆盖大,找到满足云量少于 10%的数据比较困难,因此增加了 Landsat8_OLI 数据,该数据的成像时间为 2013 年 10 月和 12 月(图 1)。TM(2004)数据的时相为 2004 年 2 月和 12 月;ETM(2000)的为 1999 年 12 月;TM(1990)的为 1988 年 6 月和 1991 年 10 月,两景时相相差较大,但以 1991 的数据为主,该数据覆盖了研究区绝大部分地区,1988 的数据仅覆盖东部一小块地区。

在空间分辨率上,SPOT 影像的分辨率为 10 m,其余 4 个时相影像的分辨率均在 30 m 以上,全色波段为 15 m,能达到 1:10 万的制图要求。每个时相的多幅遥感影像,成像清晰,云量均低于 10%。因此,所采用的遥感影像数据已能满足本文研究的需要。

1.2 遥感影像预处理

(1)几何校正

遥感影像由于多种因素会造成影像上的像元

表 2 遥感影像数据信息

Table 2 Remote sensing image data

影像类型及主要时相编号	景数	编号	成像时间	波段数	分辨率/m	备注
SPOT	8	1	2013-01-17	4	10	SPOT5 多光谱 10 m
		2	2013-10-04			
		3	2011-03-21			
		4	2012-12-15			
		5	2010-07-20	5	10/20	SPOT4 全色波段 10 m
		6	2010-07-20			
		7	2012-12-25			
		8	2012-11-03			
Landsat8_OLI	2	P124R47	2013-10-26	11	30/15	全色波段 15 m
		P123R47	2013-12-06			
TM(2004)	2	P124R47	2004-12-20	7	30	
		P123R47	2004-02-13			
ETM(2000)	2	P124R47	1999-12-31	8	30/15	全色波段 15 m
		P123R47	1999-12-24			
TM(1990)	2	P124R47	1991-10-30	7	30	

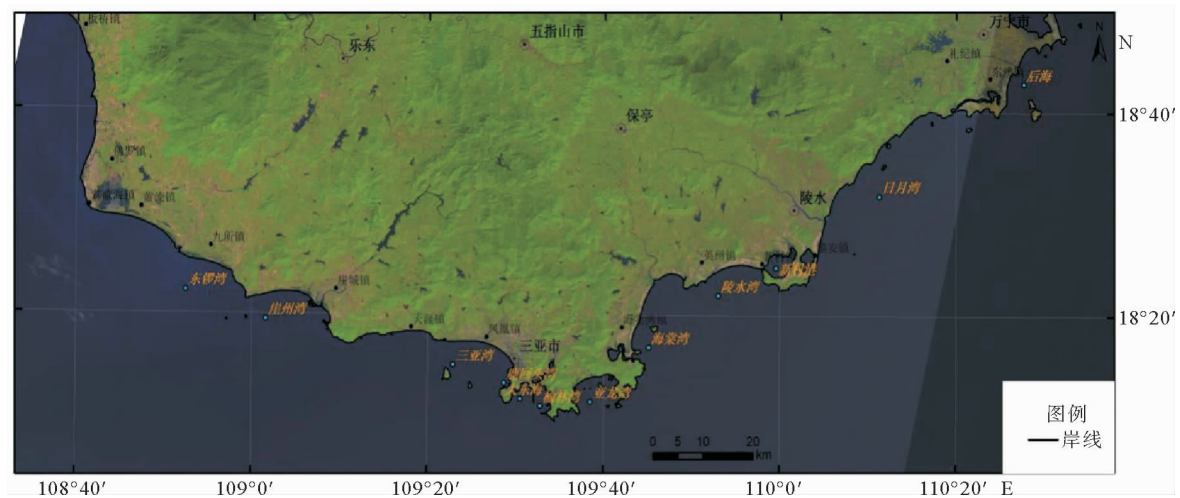


图 1 Landsat8_OLI 卫星影像图
Fig. 1 Landsat8_OLI satellite image

在影像坐标中的位置与其在地图坐标中位置有差异,从而形成几何畸变^[18]。在遥感图像应用前需要进行几何校正,尽量消除或减小这种几何畸变。由于遥感影像只经过简单的系统校正(几何粗校正),在定位精度上仍有很大误差,因此,需要对这些遥感影像进行几何精校正,以提高定位精度,统一坐标系。

遥感影像几何校正以 Google Earth 上的高分辨率影像为参考基准,在两者中选取一一对应的地面控制点,然后利用这些控制点对影像进行重采样,实现几何校正。选取的地面控制点要求足够多,能覆盖影像的大部分区域,且尽可能的在整幅影像内均匀分布。控制点选在易于分辨、变化很小且目标不大的特征点,如道路交叉点和拐点、桥梁、人工海塘、建筑物等相对固定的地物。

影像几何校正需要进行精度检验,主要是在输入控制点过程中交互式进行,边输入边查看其误差,对误差较大的进行删除或修正,保留误差小的控制点。精度检验一般采用 RMS 均方根(Root Mean Square)误差法,即通过计算地面控制点原位置和转换位置之间的距离误差来检验几何校正的精度。一般要求误差小于<1 个像元。

Landsat TM、ETM 和 OLI 数据,已经采用“GLS2000”(Global Land Survey 2000)控制点数据库进行过校正,不再需要进行人工校正。SPOT 遥感影像结合 Google Earth 上的高分辨

率影像,采用人工方法进行校正,校正精度见表 3。这些数据的总像元误差均小于 1 个,定位精度达到要求。

表 3 遥感影像几何校正误差统计
Table 3 Geometric correction for remote sensing image errors

影像	分辨率/m	编号	控制点数	X 误差/m	Y 误差/m	总 RMS 误差/m	总像元误差/个
SPOT5	10	1	15	6.43	2.33	6.83	0.68
		2	18	6.31	4.28	7.63	0.76
		3	18	4.71	2.77	5.47	0.55
		4	18	3.47	3.41	4.87	0.49
SPOT4	10/20	5	18	6.05	3.59	7.03	0.70
		6	18	1.78	2.67	3.21	0.32
		7	21	6.28	3.94	7.41	0.74
		8	19	3.68	4.09	5.51	0.55

(2) 大气校正

大气校正的目的是消除大气和光照等因素对地物反射的影响,是反演地物真实反射率的过程。

大气校正的最大难点在于校正参数的获取。大气校正需要用到卫星传感器的状态数据、光照条件、影像获取当时的气象数据(水汽、烟尘、气溶胶浓度等),地形数据等,而其中的大气数据很难获取。应用 ERDAS Imagine 的 ACTOR 模块进

行大气校正(大部分参数采用软件的默认值),处理得到的结果虽然在视觉效果上有所改善,但在数据的值域上仍然不能和其他影像达到一致。

考虑到大气校正改变了原始影像的像元值,会对后续的分类、水体提取等产生很大影响,因此这一步骤仅做了尝试,未作为正式步骤。

(3)遥感影像数据的拼接与裁剪

研究区的跨度较大,Landsat 影像需要 2 景,SPOT5 需要 8 景才能覆盖。为了研究方便以及最后成图的需要,对影像进行镶嵌拼接。镶嵌拼接的叠合顺序需综合考虑影像的覆盖范围、时相、成像质量等,以确保优良重要的影像置于最上层。

通过绘制研究区范围边线,并与提取的海岸线、零米线等组合,对影像及处理的专题图进行裁剪,去除多余的区域,形成最终的图件。

(4)投影转换

由于涉及到多种来源的数据,各数据需要进行转换,统一到同一坐标体系、同一投影下,以便后期的叠合对比和动态分析。

2 海岸线变迁分析

海岸线是平均大潮高潮时水陆分界的痕迹线^[19],海岸可分为自然岸线和人工岸线两大类。自然岸线是由海陆相互作用形成的岸线,如砂质岸线、粉砂淤泥岸线、基岩岸线和生物类岸线等;人工岸线是永久性人工构筑的岸线,如防潮堤、护坡、挡浪墙、码头、防潮闸、道路等挡水构筑物组成的岸线。

2.1 海岸线总体变化

快速的岸线变迁采用传统方法是难以及时监测的,而遥感方法却能快速、简便地监测其变迁^[20]。因此,遥感方法监视海岸带变化在世界各地得到了广泛应用。

本文通过提取 5 个时相的影像解译海岸线,并在 ArcGIS 中叠合成图,从中可以分析出从 1991 年(TM)至 2013 年(L8_OLI)22 年间的海岸线变迁情况。总体来看,岸线总长度在 1991—2013 年间变化不大,在 560~600 km 之间,波动很小(表 4)。但从局部区域看,岸线变化比较大,其原因主要是随着城市建设的增长,围海造地、码头建设以及鱼塘围垦所引起的。

表 4 海岸线长度的变化

Table 4 Comparison of coastline changes

影像时相	岸线总长度/km
L8_OLI(2013)	597.93
SPOT(2012)	575.92
TM(2004)	568.77
ETM(1999)	565.02
TM(1991)	563.14

2.2 分区海岸线变迁

海南南部的岸线总体变化较小,其岸线大部分为砂质岸线,少部分基岩岸线,这部分岸线基本无变化。主要变化集中在崖城镇、三亚市鹿回头—榆林湾、亚龙湾—海棠湾和陵水新村港地区这 4 个区域(图 2,A—D 区域)。

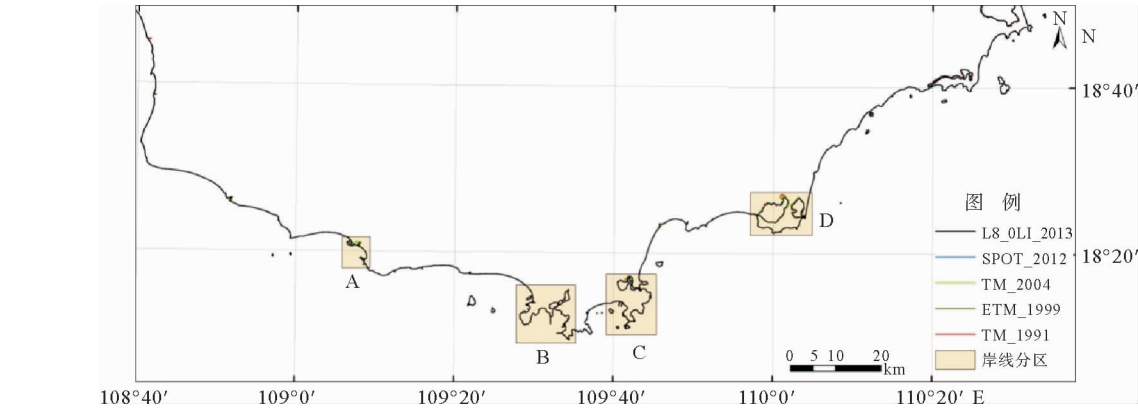


图 2 岸线变迁分区

Fig. 2 Map of coastline distribution

A 区位于崖州湾地区,此处有宁远河出口(图 3)。此区的岸线变化主要是码头建设造成。在盐灶村和保港西南,从 1991—2004 年无变化,从 2012 年起开始修建码头,2013 年已通过围海建成一个弯月型的码头,面积约 35 km²。宁远河的 2 个出口中,靠近保港的一个也被堵塞并建起码头,向海延伸 670 m;另一个靠近麒麟坡的出口保持畅通。此区另一处变动较大的地方在南山港,这里也是从 2012 年起向海修建码头,延伸约 1 000 m,填海面积约 32 km²。

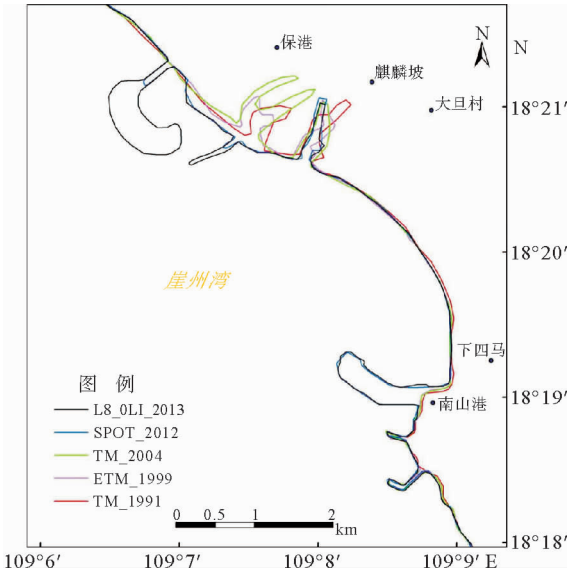


图 3 A 区岸线变迁
Fig. 3 Coastline change in area A

B 区位于三亚市鹿回头湾—榆林湾一带(图 4)。该区的岸线变化主要为城市建设、码头建设和鱼塘围垦。三亚凤凰岛是在大海礁盘上吹填出来的人工岛,从 2004 年起就已成型,长 1 250 m,宽 350 m,面积约 36.5 km²。从凤凰岛到鹿回头公园沿岸,也因城市发展向海扩建延伸,最大延伸约 360 m。在鹿回头湾南边,2013 年填起面积约 13 km² 的码头。在榆林湾的榆林角和神角,分别建设了长长的防波堤和码头。六道角—六道村南部 1991—2012 年变化不大,2013 年大幅向海扩建,最大延伸 140 m。内园村一带的岸线变化主要是鱼塘围垦引起,从 1991 年起扩建,1999—2013 年变化不大。

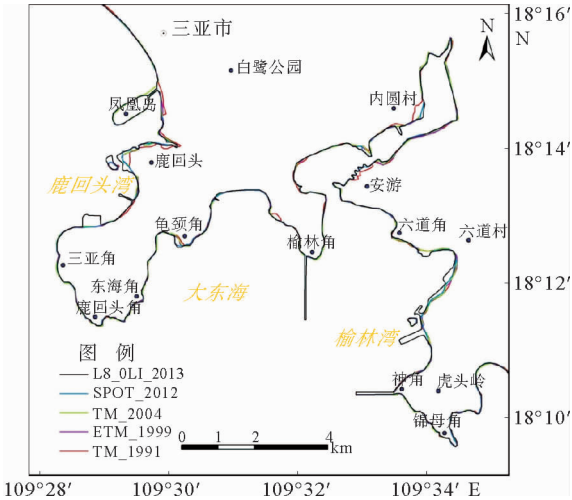


图 4 B 区岸线变迁
Fig. 4 Coastline change in area B

C 区位于三亚市亚龙湾—海棠湾一带(图 5)。此区的岸线变化在亚龙湾为码头建设,在铁炉湾为鱼塘围垦。在亚龙湾龙坡三,2012 年建成了码头,向海延伸 900 m;在东洲岛 2012 年也建设了码头,并建成大桥与大陆相连。海棠湾地区的铁炉港沿岸的鱼塘从 1991 年起逐步扩建,变动较大的有青田村、林旺村—江前村—顶汶村一带,围垦向海延伸最大达 300 m。

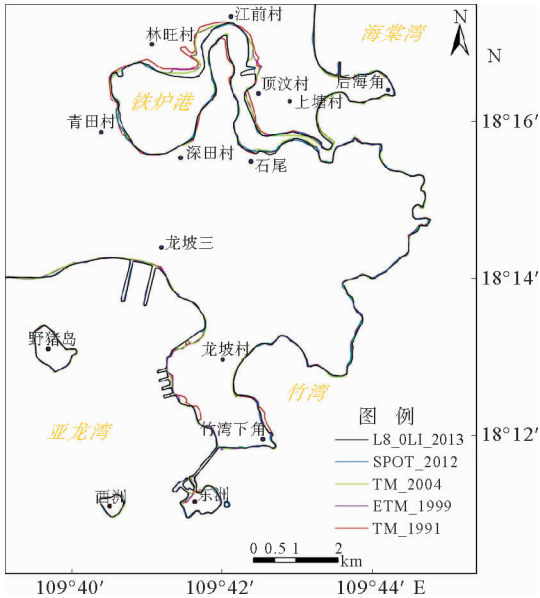


图 5 C 区岸线变迁
Fig. 5 Coastline change in area C

D 区位于陵水新村港和黎安港地区(图 6)。此区的岸线变化主要是鱼塘围垦。新村港北边变

化很大,南边基本无变化,其中桐海村—港演村—走客一带变化最大,港演村处的鱼塘围垦从 1991 到 2013 年向海延伸了 670 m。黎安港的沿岸也在大量进行鱼塘围垦,变化较大的区域有岭仔村南边、岭仔村—走客—后岭村一带以及黎安镇—港门岭一带。

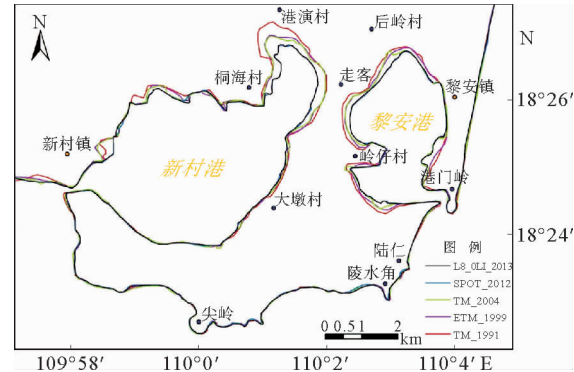


图 6 D 区岸线变迁
Fig. 6 Coastline change in area D

3 结论

通过 5 个时相的影像解译并分析了海南岛南部 1991—2013 年岸线变化情况及其原因,得到如下结论:

(1) 总体而言,海南岛南部的岸线 1991—2013 年间变化不大,在 560~600 km 之间,波动很小;但从局部区域看,岸线变化比较大,其原因主要是随着城市建设的增长,由围海造地、码头建设以及鱼塘围垦等原因引起的。

(2) 海南岛南部的岸线大部分为砂质岸线,少部分基岩岸线,岸线总体变化较小;主要变化集中在崖城镇、三亚市鹿回头—榆林湾、亚龙湾—海棠湾和陵水新村港地区这 4 个区域。

(3) 随着海南南部经济的发展,海岸带发展与环境保护的矛盾日益凸显,岸线资源和土地的无序开发、海滨景观破坏、基础设施建设不当,将有可能导致诸如岸线侵蚀、水生动物栖息地减退等一系列环境问题,而海岸线时空变化的研究,对海岸带发展规划和环境治理有着重要的指导意义。

参考文献:

[1] 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,2003,58(4):54-58.

[2] 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.

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

[4] 李 静,张 鹰. 基于遥感测量的海岸线变化与分析[J]. 河海大学学报:自然科学版,2012,40(2):224-228.

[5] 赖国棣. 泉州湾海岸线变迁遥感监测研究[J]. 福建地质,2015,34(4):322-328.

[6] 肖 隼,陈圣宾,张 路,等. 基于生态系统服务的海南岛自然保护区体系规划[J]. 生态学报,2011,31(24):7357-7369.

[7] 袁建平,余龙师,邓广强,等. 海南岛地貌分区和分类[J]. 海南大学学报:自然科学版,2006,24(4):364-370.

[8] Cui B L, Li X Y. Coastline change of the Yellow River estuary and its response to the sediment and run off(1976-2005)[J]. Geomorphology, 2011,127:32-40.

[9] 刘 雪,马妍妍,李广雪,等. 基于卫星遥感的长江口岸线演化分析[J]. 海洋地质与第四纪地质,2013,33(2):17-23.

[10] 马宏伟,冯雨林,崔 健,等. 基于遥感和 GIS 技术的辽河三角洲岸线变迁与成因分析[J]. 地质通报,2014,33(10):1578-1581.

[11] 王 璵,吴志峰,李少英,等. 珠江口湾区海岸线及沿岸土地利用变化遥感监测与分析[J]. 地理科学,2016,36(12):1903-1911.

[12] Li X J, Damen M C J. Coastline change detection with satelliteremote sensing for environmental management of the Pearl River Estuary, China[J]. Journal Marine Systems, 2010,82:S54-S61.

[13] 张晓祥,王伟伟,严长清,等. 南宋以来江苏海岸带历史海岸线时空演变研究[J]. 地理科学,2014,34(3):344-351.

[14] 高 义,王 辉,苏奋振,等. 我国大陆海岸线近时空变化分析[J]. 海洋学报,2013,35(6):31-42.

[15] 孙钦帮,苏媛媛,马 军,等. 长兴岛海岸线变化遥感动态监测及分形特征[J]. 海洋环境科学,2011,30(3):389-393.

[16] 王大鹏,祁智武,李艳斌,等. 基于多源遥感数据的辽东湾北部海岸线变化监测与分析[J]. 地质与资源,2015,24(4):365-368.

[17] 王贵明,董裕国. 珠江韩江三角洲海岸变迁遥感解译对比研究[J]. 海洋科学,1997(4):50-53.

[18] 王学平. 遥感图像几何校正原理及效果分析[J]. 计算机应用与软件,2008,25(9):102-105.

[19] 许家琨,刘雁春,许希启,等. 平均大潮高潮面的科学定位和现实描述[J]. 海洋测绘,2007,27(6):19-24.

[20] Zhu X G. Remote sensing monitoring of coastline changes in Pearl River Estuary[J]. Marine Environ-Mental Science, 2002, 21(2): 19-22.

COASTLINE CHANGES AND THEIR ORIGIN IN THE SOUTHERN HAINAN ISLAND

LI Gang, WAN Rongsheng, CHEN Hongjun, TANG Jianglang, LI Bo
(Key Laboratory of Marine Mineral Resources, Ministry of Land and Resources, Guangzhou 510075, China;
Guangzhou Marine Geological Survey, CGS, Guangzhou 510075, China)

Abstract: Coastal zone, the interaction zone between land and sea, is the most active and economically developed area on the earth. It, however, is also a region with fragile ecological environment and relatively limited carrying capacity of resources and environment. The study of the variation of the coastline is of great significance to the development and protection of coastal resources. Remote sensing technology, which is macroscopic and fast, has unique advantages for repetitive observation of an area. It does not need long-term investigations in waters and surface conditions; compared with the traditional methods. The remote sensing monitoring of coastline changes is cost saving, and may bring forward high economic and social benefits. According to the multi-source remote sensing image data, we discovered four periods of coastline around the Southern Hainan Island. The change trend and origin are also studied. It is found that little of the total length has been changed in the years from 1991 to 2013. It fluctuated between 560 km and 600 km, and in fact, is very small. However, from a local point of view, the change in coastline length may be relatively large due to land reclamation, coastal construction and urban growth.

Key words: Hainan Island; remote sensing; coastline changes



关于作者著作权及稿酬的声明

本刊已许可中国学术期刊(光盘版)电子杂志社在中国知网及其系列数据库产品中以数字化方式复制、汇编、发行、信息网络传播本刊全文。该社著作权使用费与本刊稿酬一并支付。作者向本刊提交文章发表的行为即视为同意上述声明。

《海洋地质前沿》编辑部