

李源,时连强,童宵岭,等. 近50 a来秀山岛岸线时空变化规律及其原因浅析[J]. 海洋学研究, 2016, 34(4): 46-53. doi:10.3969/j.issn.1001-909X.2016.04.006.

LI Yuan, SHI Lian-qiang, TONG Xiao-ling, et al. The rule of temporal and spatial variation and its reasons analysis of coastline in Xiushan Island over the last 50 years[J]. Journal of Marine Sciences, 2016, 34(4): 46-53, doi:10.3969/j.issn.1001-909X.2016.04.006.

近50 a来秀山岛岸线时空变化规律 及其原因浅析

李 源¹, 时连强^{*1}, 童宵岭², 廖 甜¹

(1. 国家海洋局 第二海洋研究所 国家海岛开发与管理研究中心, 浙江 杭州 310012;

2. 浙江大学 海洋科学与工程学系, 浙江 舟山 316021)

摘 要: 海岸线是十分重要的自然资源, 海岸线的变化会影响生态平衡与人们的生活。本文以浙江省秀山岛1970、1980、2003、2008和2014年的遥感影像作为数据源, 利用遥感和GIS技术方法, 并采用DSAS的岸线分析方法揭示了秀山岛近50 a来岸线的时空变化规律。结果表明: 在自然和人为的双重因素影响下, 秀山岛的自然岸线和人工岸线发生大规模的变化, 岸线长度总体上是减少的, 共减少4 226 m, 新增陆域面积2.491 km²; 其中人工岸线减少了4 046 m, 海塘面积增加1.971 km², 表现为大规模的向海推进, 时空变化显著; 自然岸线减少了214 m, 主要是沙质岸线和淤泥质岸线的变化, 整体表现为岸线小规模的后退, 但是局部地区有向海推进的现象。

关键词: 秀山岛岸线; 遥感; GIS; 时空变化; DSAS

中图分类号: P737

文献标识码: A

文章编号: 1001-909X(2016)04-0046-08

Doi: 10.3969/j.issn.1001-909X.2016.04.006

0 引言

海岸线是划分陆域和海域的界线, 形态上曲直各异, 海岸线的变化是由各种地质因素的相互作用、入海河流泥沙量的变化、复杂的气象条件和海洋条件、海平面上升以及人类社会经济活动的影响而造成的^[1-2]。而海岛岸线资源是一种重要的自然资源, 它承载了海岛居民许多生产生活的活动, 是海域空间资源存在的基础, 与海岛城市的社会生活、经济发展、交通运输息息相关。因此近年来, 海岛岸线的演变研究受到越来越多的关注。随着科学技术的飞速发展, 利

用遥感技术来监测岸线变化成为了主要方法^[3-11]。有研究者对滦河口外的泥沙岛数量、面积和岸线长度进行了统计, 并开展了变化原因的分析^[12-13]; 有研究者对海南、福建和广西的岛屿不同类型的岸线变化进行了研究, 并对典型岸段进行了分析^[14-16]; 还有研究者对围海前后的岛体岸线进行了描述, 重点研究了人为因素对岛体岸线的影响^[17-18]。

浙江省作为沿海省份, 拥有岛屿众多, 大小各异, 其中秀山岛地理位置优越, 资源丰富, 以其独特的海岛景观、海岛文化和良好的生态环境为依托, 建设成了以海岛休闲度假和康疗养生为主要功能的海岛型

收稿日期: 2015-11-23

修回日期: 2016-03-11

基金项目: 国家海洋公益性行业科研专项项目资助(201405037); 中央级公益性科研院所基本科研业务费专项资金项目资助(JT1303)

作者简介: 李源(1991—), 男, 江苏无锡人, 主要从事海岛海岸带开发与管理方面的研究。E-mail: 15967125214@163.com

* 通讯作者: 时连强(1977—), 男, 山东青州市人, 副研究员, 主要从事河口海岸动力沉积与地貌及环境磁学研究。E-mail: slqgj@163.com

省级旅游度假区,同时秀山岛拥有得天独厚的港口资源,避风条件良好,海洋优势十分明显,其岸线的变化会影响到秀山岛的经济的发展,故而需要通过研究海岛岸线变化认识其独特的自然价值。本文分析了浙江省秀山岛近 50 a 的岸线变化,试图通过研究秀山岛岸线变化的特征以及引起岸线变化的主要原因,进而预测海岛岸线的演化趋势,最终为海岸线的开发利用与保护提供科学依据。

1 研究区域概况

秀山岛位于舟山群岛中部,介于舟山岛和岱山岛之间,与舟山的本岛相距 2.5 km,俯瞰呈扇形,陆地面积 22.66 km²,海岸线长 40.20 km^[19]。东海岸多为岩质岸线,岬角、海湾交错,大小湾岬 20 个,岬角前缘多为海蚀岩崖;西海岸多为人工岸线,岸线平直;泥质海岸分布在西北部 and 东北部(图 1)。

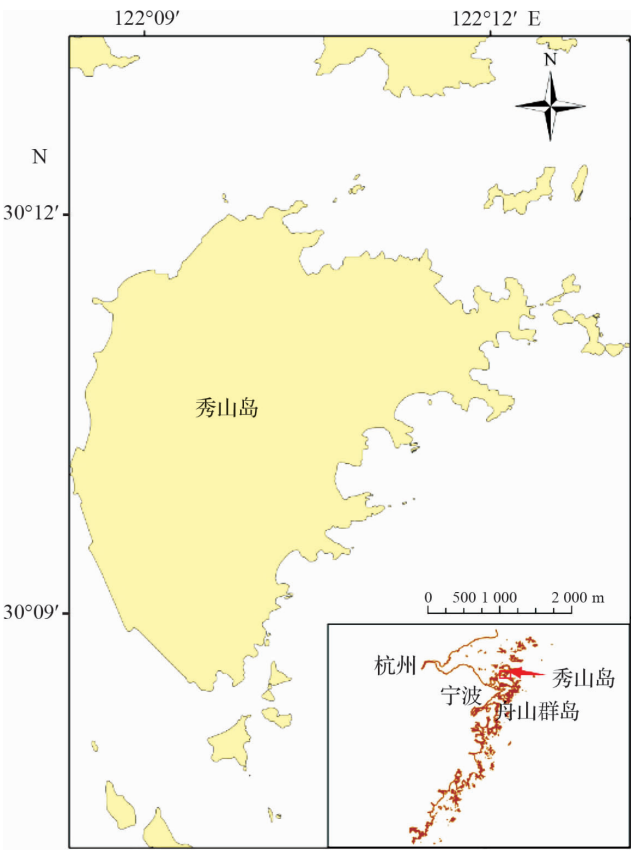


图 1 秀山岛区位图
Fig. 1 Location map of Xiushan Island

秀山岛属于大陆基岩岛,原系浙东北丘陵山地的一部分,地貌以海岛丘陵为主,沿东海岸山丘密集,地

形复杂,沿西海岸地势低平山坳间多海积平地。地质构造形成于燕山晚期,在全新世海侵过程中陷入海中。潮汐为正规半日潮型,近岸潮流基本呈东西往复流,平均潮差 2.31 m,由于周围有众多岛屿遮蔽,风浪相对较小^[19]。

2 数据与方法

本研究采用遥感影像作为数据源,总共收集了 5 期秀山岛的遥感图像,从 1970 年到 2014 年时间跨度长达 44 a,遥感图像覆盖整个目标区域,而且分辨率基本满足研究要求。具体信息资料如表 1 所示。

表 1 遥感影像资料			
Tab. 1 Remote sensing image data			
卫星	拍摄时间	波段数	分辨率/m
CORONA	1970-12-06	1	1.83
KH-9	1980-09-12	1	6~9
SPOT5	2003-09-07	4	5
航片	2008-08-09	3	0.5
WorldView-2	2014-01-30	3	2

将 2014 年的遥感影像作为基准图像,在 ENVI 中对其他各个年份的遥感影像进行配准^[20],在配准过程中由于时间跨度比较大,地理信息变化较多,因此选取标志性地物作为控制点进行配准,并且控制点在遥感影像中均匀分布。同时为了保证各个数据之间能相互比较,把源数据统一校正到 UTM 投影和 WGS84 地理坐标系下。

由于早期遥感影像分辨率不是很高,加之秀山岛岸线受到季节性波浪和潮汐的影响,且成像时间与高潮位的时间不一致,提取的岸线为瞬时海水水边线,不是严格意义的海岛岸线,所以需要瞬时海水水边线进行潮位改正。潮位校正是对非同步遥感影像进行水边线对比的前提和基础,一般岸滩的水边线描画受到潮时、潮位影响较大,基岩海岸和人工岸线受到的影响较少,由于秀山岛的沙质岸线和淤泥质岸线所占比例较小且拍摄遥感影像的农历日期相差不大,所以近似认为提取的水边线代表了海岛岸线。为了准确反映不同时期的岸线变化情况,本文采用一般高潮线法^[21]来统一标准。这种方法主要通过遥感影像进行分类处理和目视解译相结合来确定,优点是操作简单,干扰因素少,能够提取到分析数据所要求的岸线。

目前所知的量化分析岸线变迁的方法有基线法、面积法、非线性缓冲区迭代法以及动态分析法^[22-23]。分析岸线变化的方法主要是通过比较岸线的位置变化,确定海岸线的变化速率等一些参数,以此来说明岸线的冲淤情况^[24]。本文将提取出的海岸线信息导入具有数字岸线分析系统(DSAS)功能的地理信息系统以计算岸线变化率。

DSAS 是由 USGS 和 TPMC 环境服务部门合作开发的一套 ArcView 扩充软件,该软件的应用是为了提高使用者识别岸线变化分析系统主要步骤的效率。其内容包括三个主要部分,即基线(baseline)、岸线(shoreline)以及与岸线正交生成的一系列剖面(transect)^[25]。本文使用端点速率(End Point Rate, EPR)^[26]分析 1970 年到 2014 年的秀山岛岸线变化情况,EPR 的主要优点是易于计算、条件简单,只需要对应的海岸线日期,EPR 由基线和岸线之间的剖面线长度除以时间所得。

3 结果与分析

将各年所提取的岸线叠加在一起,放在同一个图层中,得到秀山岛自 1970 年至 2014 年的岸线变化,如图 2 所示。秀山岛的岸线与陆域面积变化如表 2 所示。

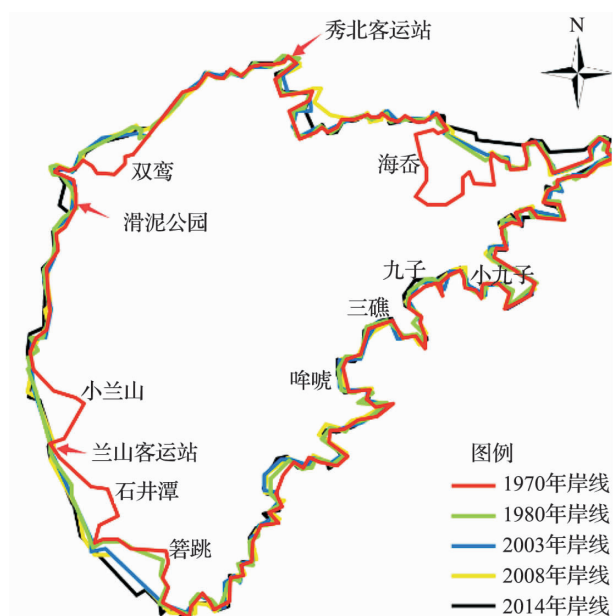


图 2 秀山岛各年岸线变化

Fig. 2 The change of coastline in Xiushan Island in different years

表 2 秀山岛各年岸线长度以及陆域面积变化

Tab. 2 The coastline length and the land area change of Xiushan Island in different years

日期	岸线长度/km	陆域面积/km ²
1970-12-06	36.202	21.966
1980-09-12	33.663	23.183
2003-09-07	31.765	23.759
2008-08-09	32.599	23.819
2014-01-30	31.976	24.457

3.1 整体变化

从表 2 中可以得知,1970 年至 2014 年,秀山岛整体岸线长度总共减少 4 226 m,平均每年减少 96 m,在 1970 年到 1980 年期间岸线缩减幅度最大,每年减少 253.9 m,2008 年岸线又有所增长,随后缓慢减少。由图 2 可见,秀山岛岸线变化明显,围建海塘使得形状不规则的岸线变成平直的人工岸线,所以岸线长度减少。1970 年至 2014 年,秀山岛的陆域面积呈增加趋势,总体面积增加 2.491 km²,平均每年增加 0.057 km²,尤其以 1970 年至 1980 年增幅最大,达到 0.122 km²/a。

3.2 局部变化

将秀山岛的岸线根据《我国近海海洋综合调查与评价专项海岸线修测技术规程》中的定义划分为人工岸线和自然岸线来分析局部范围的岸线变化^[27-28]。根据秀山岛的实际情况,人工岸线包括海塘岸线和码头岸线,自然岸线包括沙质岸线和淤泥质岸线,由于基岩岸线变化很小,所以本文不予考虑。

3.2.1 人工岸线

人工岸线主要包括海塘工程和码头客运站,因为码头依照海塘的岸线而建造,故码头岸线计入海塘岸线,所以人工岸线主要包括双鸾、小兰山、石井潭、簪跳和海岬 5 处海塘。利用 ArcGIS 软件计算测量这 5 处海塘的岸线及面积变化如表 3 和表 4 所示。

表 3 不同年份 5 个海塘的岸线长度

Tab. 3 The coastline length of five seawalls in different years

	km				
海塘	1970 年	1980 年	2003 年	2008 年	2014 年
双鸾	1.419	1.128	1.040	1.017	0.956
小兰山	1.593	1.061	0.943	1.060	1.072
石井潭	1.721	1.437	1.396	1.308	1.321
簪跳	1.633	1.430	1.204	1.166	1.184
海岬	2.956	0.633	0.584	0.590	0.743

表 4 不同年份 5 个海塘的面积

Tab. 4 The area of five seawalls in different years

海塘	km ²			
	1980 年	2003 年	2008 年	2014 年
双鸾	0.245	0.230	0.250	0.226
小兰山	0.275	0.263	0.270	0.261
石井潭	0.293	0.402	0.428	0.451
箬跳	0.036	0.290	0.295	0.295
海岙	0.531	0.568	0.568	0.738

对比秀山岛整体的岸线与陆域面积的变化与这 5 处海塘的岸线和面积变化,说明秀山岛的岸线变化集中发生在人工围填海的地方。从整体上看,5 处海塘的建设总共使得 4 046 m 的岸线消失,占有所有消失岸线的 95.7%;面积总共增加 1.971 km²,占有所有增加面积的 79.1%。从局部区域看,海岙海塘的岸线减少得最多,至 2014 年减少 2 213 m,2003 年岸线变化最大达到 2 372 m;而石井潭海塘的岸线变化最小,仅减少了 400 m。海岙海塘的面积增幅最大,至 2014 年增加了 0.738 km²;而双鸾海塘面积增幅最小,至 2014 年仅增加了 0.226 km²。双鸾和小兰山这两个海塘在 1980 年至 2003 年以及 2008 年至 2014 年期间海塘面积出现减小的情况,但是海塘面积总体是增加的。

5 处海塘岸线均为减少,但是于近年来有增加的趋势,这是因为最早围垦的海塘岸线形态为向内凹陷,曲折不规则,经过早期大规模的围垦,使得凹陷的区域被填满,面积增加但是岸线长度减少,岸线变得平直,此后的围填海规模不大且在之前岸线的基础上向海推移,所以岸线会在近些年以来有所增加。

3.2.2 沙质岸线

秀山岛的沙质岸线由 4 处沙滩构成,包括小九子、九子、三礁和哗唬。利用 ArcGIS 软件中的计算测量工具测算这 4 处沙滩各年的岸线长度,统计结果如表 5 所示。

表 5 不同年份沙质海岸的岸线长度

Tab. 5 The coastline length of the sandy coast

沙滩	in different years				m
	1970 年	1980 年	2003 年	2008 年	2014 年
小九子	208	190	182	167	180
九子	697	534	596	601	609
三礁	336	254	203	260	277
哗唬	418	469	410	411	414

从整体上看,4 处沙滩的岸线总共减少了 179 m,占有所有消失岸线的 4.2%。其中九子沙滩的沙质岸线减少得最多,总计减少 88 m;哗唬沙滩相对稳定,仅仅减少 4 m 的岸线。秀山岛的沙质岸线并不是逐年减少的,而是呈现出淤积增加与冲刷消减反复交替的状态。

3.2.3 淤泥质岸线

在秀山岛西部有一处滑泥公园,是秀山岛唯一的淤泥质岸线,利用 ArcGIS 软件中的计算测量工具测算淤泥质岸线变化,如表 6 所示。

表 6 不同年份淤泥质海岸的岸线长度

Tab. 6 The coastline length of the muddy coast

年份	in different years				m
	1970 年	1980 年	2003 年	2008 年	2014 年
岸线长度	695	691	653	637	660

秀山岛淤泥质岸线自 1970 年至 2008 年呈减少趋势,总共减少 58 m,平均每年减少 1.5 m,特别是在 2003 年至 2008 年期间岸线缩减的速率最快,平均每年减少 3.2 m。2008 年之后淤泥质岸线又有所增加,总共增加 23 m。从整体上看秀山岛淤泥质岸线仍然是减少的,占有所有消失岸线的 0.8%。

3.3 DSAS 分析

根据本文的研究情况,将 1970 年的岸线设为基线,利用 DSAS 分析剩余 4 条岸线,这里通过 1970 年至 2014 年的端点速率数据显示秀山岛岸线的整体变化情况,如图 3 所示。

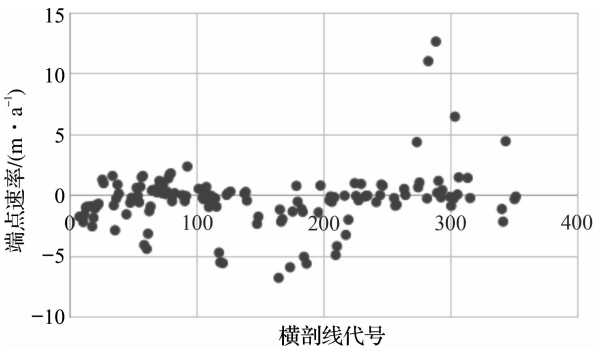


图 3 各横剖线的端点速率

Fig. 3 End Point Rate of each transect

端点速率值由垂直于海岛岸线基线的横剖面与相交岸线之间的长度除以时间跨度所得。从图 3 中可以看出各条横剖线的端点速率有正有负,正值代表

该条横剖线的端点是朝海方向延伸的,意味着该处岸线呈现淤积态势;负值代表该条横剖线的端点是向岸发展的,意味着此处岸线有侵蚀后退的趋势。图 3 中的横剖线的端点速率(EPR 值)主要集中在 0 m/s 附近,正负基本在 5 m/a 的范围内,说明秀山岛自 1970 年以来的自然岸线既有淤积也遭到侵蚀,岸线处于一种稳定的动态平衡状态之中,过程比较缓慢,但是该图不能说明具体岸线的变化速率与趋势情况,只能客观地反映侵蚀和淤积的状况。

同时也要注意有一部分横剖线的端点速率值丢失了,这是由于人类围垦活动造成岸线剧烈变化,导致在 DSAS 分析的过程中,岸线与横剖线没有相交产生交点,即端点。还有个别异常的速率点是由于岸线与横剖线的交点并不对应原来基线上的点而造成的,因为海岛岸线凹凸曲折,不似大陆岸线相对平直,大量围垦导致岸线明显向海推移,形成陆地,剧烈的岸线变化会使从基线垂直伸展出来的横剖线相交到别的位置对应的岸线,造成数据误差。

4 讨论

秀山岛的岸线变化主要受到人为因素和自然因素两个方面的影响。引起岸线变化的人为因素主要有围海造地,修建海塘和码头等海岸工程,自然因素则主要是秀山岛近岸的海平面上升的因素。

4.1 人为因素

人类活动极大地改变了岸线原来的变化方向和速率,建造海堤、建造港口、围垦等一系列海岸工程都会改变海岸带的动力过程、沉积物的搬运和岸线位置。

秀山岛人工岸线的变化在秀山岛西部和东北部体现得十分明显,因为这些地区经历过多次围垦活动。从时间角度来看,1970 年到 1980 年的岸线变化最明显、最剧烈,到达一个高峰,1980 年之后到现在岸线变化趋于缓和,基本上没有太大的改变。根据中国海岛志中的统计记载:1968 年至 1974 年建南浦塘,围涂 300 亩;1972 年建双鸾塘,围涂 350 亩;1972 年至 1976 年建海岙塘,围涂 830 亩,保护面积 1 000 亩;1979 年至 1982 年建石井潭塘和箬跳塘,总共围涂 700 亩;1999 年至 2001 年建兰山塘,围涂 72 亩;2005 年建九子塘,围涂 45 亩^[19]。这些海岸工程是引起秀山岛岸线变化的主要原因,根据这些围垦信息可以看出,虽然近年来修建海塘的工程已经越来越少,工程量规模也不如 1980 年以前,但是秀山岛作为岱

山县总体规划中十分重要的一个环节,拥有建造优良深水港的岸线条件,政府计划将秀山岛建设成舟山群岛港航物流的重要部分,所以对其具有开发潜力的岸线资源的开发不会停止,因此秀山岛的人工岸线会继续表现出增加的趋势。

秀山岛的自然岸线同样也受到人为因素的影响,其淤泥质岸线和沙质岸线近年来逐渐成为人们休闲娱乐的场所,为了打造良好的旅游环境,提高经济效益,政府对秀山岛的自然岸线也采取了一些保护措施,比如进行人工促淤养滩,所以从自然岸线变化的统计表格中可以发现,虽然总体岸线长度是减少的,但是从时间上看岸线有一个先减少后增加的变化。由此可以预见,随着岸滩保护工程的投入,有蚀退减少趋势的岸线资源会慢慢得到恢复,因此秀山岛的自然岸线会表现出增加的趋势。

4.2 自然因素

海平面上升是由全球气候变暖、极地冰川融化、上层海水变热膨胀等原因引起的,在研究某一区域的实际海平面变化时,还要考虑当地地壳升降和局部地面沉降的影响。在当今气候条件以及地壳运动的大背景下,全球范围内的海平面普遍呈上升的趋势,这与厄尔尼诺现象有密切的关系。本文统计了国家海洋局公布的 2000—2014 年我国东海沿岸海平面变化速率的数据如图 4 所示。

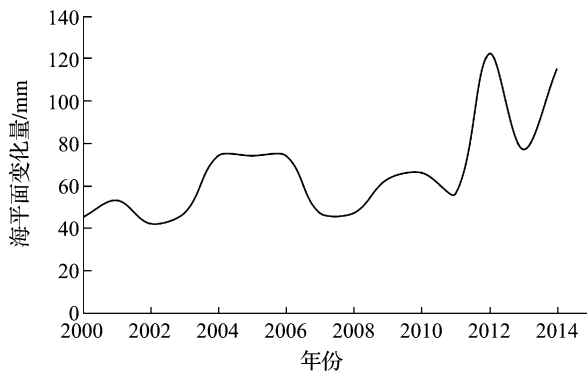


图 4 2000—2014 年中国东海沿岸海平面变化

Fig. 4 The sea level change in coastal area of the East China Sea during 2000 to 2014

浙江东部沿海属于我国东海海域,浙江沿岸的海平面变化可以通过东海的海平面变化来反映。由图 4 可知,东海沿岸海平面变化速率均为正值,说明海平面在持续上升。羊天柱等^[29]运用统计学的方法对浙江 22 个验潮站的月平均海平面资料进行了分析,

其中有 10 个海岛站资料,这里所用的海平面是“相对海平面”的概念,结果表明浙江省在过去 40 a 平均海面上升速率为 2.63 ± 0.06 mm/a,高于全国海平面平均上升速率,而且预计浙江海平面在未来一段时期内将保持上升趋势,估计到 2050 年海平面上升值为 29 cm,到 2100 年海平面上升值为 60 cm。吴中鼎 等^[30]根据我国近海海平面速度变化曲线判断海平面的变化与厄尔尼诺现象有关系,并预测我国海平面会继续上升。张静^[31]研究我国海平面上升的趋势后认为海平面持续上升会引起岸线侵蚀,减少可利用的土地面积,破坏沿海低地环境,威胁沿海居民生产生活。因此,海平面上升是秀山岛岸线侵蚀后退的自然原因之一。

岸滩冲淤演变也是重要的影响岸线变化的自然因素之一。在相同的一段时期内,秀山岛不同的岸段有着不同的冲淤趋势,而在同一岸段的不同时期内也会有不同的冲淤趋势。在波浪、潮汐、沿岸流作用影响下的沙质岸线和淤泥质岸线所表现出的反复冲淤现象会引起自然岸线的变化,而秀山岛岸滩的冲淤状态并不稳定,所以其自然岸线会有变化。

5 结论

本文采用 1970、1980、2003、2008 和 2014 年的秀山岛遥感影像,通过 ENVI 和 ArcGIS 等技术手段提取各年岸线信息,并利用 DSAS 软件综合分析之后得出以下结论。

(1)从整体范围上看,从 1970 年到 2014 年秀山岛岸线是减少的,总共减少 4 226 m,人工岸线减少 4 046 m,表现为早期持续减少,近年来有所增加;自然岸线减少 214 m,表现为不规律的反复,局部岸线会有增加。

(2)秀山岛在自然因素的影响下,其自然岸线处于相对稳定的状态,个别沙质岸线地区和淤泥质岸线地区有小幅度的侵蚀或者淤积,这是受到沿岸流、波浪、潮流、潮汐作用以及全球海平面上升的影响,也有其泥沙条件变化、自身地质构造和物质组成方面的原因;而人工岸线在自然条件下变化不大。

(3)在人为因素的影响下,由于人类活动引起一部分岸线剧烈变化,以围垦为主要内容,使得岸线在短时间内大规模向海推进,海岸工程是造成秀山岛岸线变化的主要原因。在 1970 年至 1980 年的研究早期围垦活动最为频繁,而且围垦工程和围垦范围大,现在围垦项目大大减少,所以近些年来没有明显的人工岸线变化;而一些自然岸线出于人们旅游休闲的需

要,会采取一些保护岸线的措施,所以自然岸线有恢复的趋势。

参考文献(References):

- [1] XIA Dong-xing. Coast zone and coastline[J]. Coastal Engineering, 2006, **25**(suppl):13-20.
夏东兴. 海岸带与海岸线[J]. 海岸工程, 2006, **25**(增刊):13-20.
- [2] LI Jing, ZHANG Ying. The change and analysis of coastline base on remote sensing measurement[J]. Journal of Hohai University, 2012, **40**(2):224-228.
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, 2012, **40**(2):224-228.
- [3] LI Xing, ZHANG Lian-peng, JI Chang-chen, et al. Spatiotemporal change of Jiangsu coastline: A remote sensing and GIS approach [J]. Geographical Research, 2014, **33**(3):414-426.
李行, 张连蓬, 姬长晨, 等. 基于遥感和 GIS 的江苏省海岸线时空变化[J]. 地理研究, 2014, **33**(3):414-426.
- [4] GAO Yi, WANG Hui, SU Fen-zhen, et al. Spatial and temporal of continental coastline of China in recent three decades[J]. Acta Oceanologica Sinica, 2013, **35**(6):31-42.
高义, 王辉, 苏奋振, 等. 中国大陆海岸线近 30 a 的时空变化分析[J]. 海洋学报, 2013, **35**(6):31-42.
- [5] CHEN Xiao-wen, ZHANG Wei, ZHAO Hui, et al. Spatio-temporal characteristics and effects of shoreline evolution of the Pearl River Estuary in the past thirty years[J]. Tropical Geography, 2010, **30**(6):591-596.
陈小文, 张蔚, 赵慧, 等. 近 30 年来珠江河口岸线演变时空特征及效应[J]. 热带地理, 2010, **30**(6):591-596.
- [6] ZHOU Chun-yan, LI Guang-xue, SHI Jing-hao. Coastline change of Jiaozhou Bay over the last 150 years[J]. Periodical of Ocean University of China, 2010, **40**(7):99-106.
周春艳, 李广雪, 史经昊. 胶州湾近 150 年来海岸变迁[J]. 中国海洋大学学报, 2010, **40**(7):99-106.
- [7] CHEN Xiao-ying, ZHANG Jie, MA Yi. Analysis of the spatial and temporal change of the coastline in the Haizhou Bay during the past 40 years[J]. Advanced in Marine Science, 2014, **32**(3):324-334.
陈晓英, 张杰, 马毅. 近 40 年来海州湾海岸线时空变化分析[J]. 海洋科学进展, 2014, **32**(3):324-334.
- [8] ZHANG Yang, CHEN Shen-liang. Remote sensing analysis of spatial and temporal changes of the coastal area in the abandoned Huanghe River Delta in the northern Jiangsu Province[J]. Advanced in Marine Science, 2009, **27**(2):166-175.
张杨, 陈沈良. 苏北废黄河三角洲海岸时空演变遥感分析[J]. 海洋科学进展, 2009, **27**(2):166-175.
- [9] MA Xiao-feng, ZHAO Dong-zhi, XING Xiao-gang. Means of withdrawing coastline by remote sensing[J]. Marine Environment Science, 2007, **26**(2):185-189.
马小峰, 赵冬至, 邢小罡. 海岸线卫星遥感提取方法研究[J]. 海洋

- 环境科学, 2007, **26**(2): 185-189.
- [10] LIU Chun-shan, WANG Hua-jie, SHEN Liang. Study on the coastline length calculation methods[J]. Marine Science Bulletin, 2011, **30**(5): 481-486.
刘春杉, 王华接, 沈亮. 海岸线长度量算方法的研究[J]. 海洋通报, 2011, **30**(5): 481-486.
- [11] LIN Gui-lan, ZHEN Yong-ling. Coastline revision of some technical problem[J]. Ocean Development and Management, 2008 (7): 61-67.
林桂兰, 郑勇玲. 海岸线修测的若干技术问题探讨[J]. 海洋开发与管理, 2008(7): 61-67.
- [12] WANG Jian-bu, ZHANG Jie, MA Yi, et al. Luanhe river estuary island sediment dynamic remote sensing monitoring during 2008 to 2013 [J]. Ocean Development and Management, 2014(8): 55-67.
王建步, 张杰, 马毅, 等. 2008—2013 年滦河口外泥沙岛动态变化遥感监测[J]. 海洋开发与管理, 2014(8): 55-67.
- [13] TIAN Hai-lan, LIU Xi-han, WANG Hong, et al. Spatiotemporal change characteristics of Caofeidian shoreline and island in the past three decades[J]. Marine Science, 2015, **39**(5): 68-74.
田海兰, 刘西汉, 王红, 等. 近三十年来曹妃甸岸线岛体时空演变特征分析[J]. 海洋科学, 2015, **39**(5): 68-74.
- [14] YAO Xiao-jing, GAO Yi, DU Yun-yan, et al. Spatial and temporal changes of Hainan coastline in the past 30 years based on RS [J]. Journal of Natural Resources, 2013, **28**(1): 114-125.
姚晓静, 高义, 杜云艳, 等. 基于遥感技术的近 30 年海南岛海岸线时空变化[J]. 自然资源学报, 2013, **28**(1): 114-125.
- [15] WENG Yu-bin, LUO Mei-xue, REN Yue-sen. Revision of island coastline of Fujian province and its significance[J]. Ocean Development and Management, 2011(5): 45-50.
翁宇彬, 罗美雪, 任岳森. 福建省海岛岸线修测及其意义[J]. 海洋开发与管理, 2011(5): 45-50.
- [16] FENG Shou-zhen, YU Jia, LI Jia. Coastline displacements and dynamical variabilities of some islands in Guangxi and their effects[J]. Coastal Engineering, 2010, **29**(3): 37-42.
冯守珍, 于甲, 李杰. 广西海岛海岸线变迁与动态变化及影响分析[J]. 海岸工程, 2010, **29**(3): 37-42.
- [17] QU Wei-xiu, ZHANG Ying, LIU Yan-chun. The effects of reclamation of reflected light estuary coast terrain[J]. Journal of Hohai University, 2012, **40**(2): 220-223.
曲伟秀, 张鹰, 刘燕春. 围垦对射阳河口海岸地形的影响[J]. 河海大学学报, 2012, **40**(2): 220-223.
- [18] SUI Yu-zheng, HUANG Wei-gen, ZHANG Hua-guo, et al. Research on spatial-temporal change in island land reclamation with remote sensing[J]. Marine Environment Science, 2013, **32**(4): 594-598.
隋玉正, 黄韦艮, 张国华, 等. 基于遥感的海岛填海造地时空变化研究[J]. 海洋环境科学, 2013, **32**(4): 594-598.
- [19] The Chinese island: the compilation. Chinese island-Zhejiang: 1 copies-Zhoushan archipelago north [M]. Beijing: Ocean Press, 2014: 502-528.
- 《中国海岛志》编纂委员会. 中国海岛志: 浙江卷: 第一册 舟山群岛北部[M]. 北京: 海洋出版社, 2014: 502-528.
- [20] ZHANG Liang, MENG Chan-yuan, LI Jun, et al. The remote sensing image geometric correction method based on the coastline of registration of the sea islands[J]. Hydrographic Surveying and Charting, 2011, **31**(6): 24-27.
张靓, 孟婵媛, 李军, 等. 基于岸线配准的海岛礁遥感影像几何纠正方法[J]. 海洋测绘, 2011, **31**(6): 24-27.
- [21] YANG Xiao-mei, ZHOU Cheng-hu, DU Yun-yan. Coastal zone remote sensing technology and the case study[M]. Beijing: Ocean Press, 2005.
杨晓梅, 周成虎, 杜云艳. 海岸带遥感综合技术与实例研究[M]. 北京: 海洋出版社, 2005.
- [22] GAO Y, SU F, SUN X. A study on spatial and temporal variations of coastal wetland in Pearl River Estuary[C]//Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS), 2010 IEEE International. IEEE, 2010: 429-432.
- [23] HEO J, KIM J H, KIM J W. A new methodology for measuring coastline recession using buffering and non-linear least squares estimation[J]. International Journal of Geographical Information Science, 2009, **23**(9): 1 165-1 177.
- [24] DOLAN R, FENSTER M S, HOLME S J. Temporal analysis of shoreline recession and accretion[M]. Journal of Coastal Research, 1991, **7**(3): 723-744.
- [25] LIU Yan-xia, HUANG Hai-jun, QIU Zhong-feng, et al. The tidal flat terrain correction of coastline based on remote sensing image monitoring[J]. Journal of Geographical Science, 2012, **6**(3): 377-387.
刘艳霞, 黄海军, 丘仲锋, 等. 基于遥感影像间潮滩地形修正的海岸线监测研究[J]. 地理学报, 2012, **6**(3): 377-387.
- [26] LAI Zhi-kun, WANG Wei-guo, SUN Quan, et al. Shoreline change rate and trend of quantitative analysis[J]. Hydrographic Surveying and Charting, 2011, **31**(2): 61-64.
赖志坤, 汪卫国, 孙全, 等. 海岸线变化速率及趋势定量分析研究[J]. 海洋测绘, 2011, **31**(2): 61-64.
- [27] FU Yuan-bin, DU Yu, WANG Quan-ming, et al. Define standard of natural coastline artificial coastline[J]. Marine Environment Science, 2014, **33**(4): 615-618.
付元宾, 杜宇, 王权明, 等. 自然岸线与人工岸线界定的方法[J]. 海洋环境科学, 2014, **33**(4): 615-618.
- [28] Special Office of the Ocean Administration, 908. Chinese offshore Marine integrated investigation and evaluation of specific coastline revision technology procedures [M]. Beijing: Ocean Press, 2007.
国家海洋局 908 专项办公室. 我国近海海洋综合调查与评价专项海岸线修测技术规程[M]. 北京: 海洋出版社, 2007.
- [29] YANG Tian-zhu, YING Ren-fang, ZHANG Jun-biao, et al. The research and prediction of the sea level along the coast of Zhejiang Province[J]. Donghai Marine Science, 1999, **17**(4): 1-11.
羊天柱, 应仁方, 张俊彪, 等. 浙江沿岸海平面研究和变化预测[J]. 东海海洋, 1999, **17**(4): 1-11.

- [30] WU Zhong-ding, LI Zhan-qiao, ZHAO Ming-cai. The process and prediction of sea level change of China offshore waters in 50 years [J]. *Hydrographic Surveying and Charting*, 2003, **23**(2):17-19.
吴中鼎, 李占桥, 赵明才. 中国近海近 50 年海平面变化速度及预测[J]. *海洋测绘*, 2003, **23**(2):17-19.
- [31] ZHANG Jing. Features and connection studies of the sea level trends of the China Seas and global ocean for the past 20 years [D]. Qingdao: Ocean University of China, 2014.
张静. 近 20 年中国和全球海域海平面上升趋势特征分析及相互关系的初步研究[D]. 青岛:中国海洋大学, 2014.

The rule of temporal and spatial variation and its reasons analysis of coastline in Xiushan Island over the last 50 years

LI Yuan¹, SHI Lian-qiang^{*1}, TONG Xiao-ling², LIAO Tian¹

(1. *State Research Center for Island Exploitation and Management, Second Institute of Oceanography, SOA, Hangzhou 310012, China*; 2. *Department of Ocean Science and Engineering, Zhejiang University, Zhoushan 316021, China*)

Abstract: Coastline is important natural resource, the change of coastline may affect the ecological balance and people's life. the remote sensing images of the Xiushan Island of Zhejiang Province in 1970, 1980, 2003, 2008 and 2014 were taken as data resource, while the remote sensing and GIS technology, especially DSAS shoreline analysis method were used to reveal the temporal and spatial variation of shoreline of Xiushan Island over the past 50 years. The results show that a large-scale shoreline change of natural coastline and artificial coastline have taken place in Xiushan Island under the double factors of natural and artificial influence. In general, the coastlines have been reduced, and the overall reduced value is 4 226 m, and 2. 491 km² new land area has been created. The artificial coastline has been reduced 4 046 m, the seawall area has been created 1. 971 km². Characterized by massive advance to the sea, spatial and temporal changes are significant. The natural coastline has been reduced 214 m, mainly because of the change of sandy coast and muddy coast. In general, the natural coastline appears a small-scale retreat, but in some places, the coastline appears advancing to the sea.

Key words: coastline of Xiushan Island; remote sensing; GIS; temporal and spatial variation; DSAS