

近 40 a 来三门湾海岸线时空变化遥感监测与分析

陈晓英, 张 杰, 马 毅, 崔廷伟

(国家海洋局第一海洋研究所, 山东 青岛 266061)

摘要: 了解岸线的变化对海岸开发利用有重要意义。本文以 Landsat MSS、TM、ETM+、OLI 影像为主要数据源, 采用人机交互的方式提取 1973~2013 年的 4 期三门湾大陆岸线, 获取岸线长度以及陆域变化面积等信息, 并以县级市(象山县、宁海县、三门县)为单位分段分析岸线时空变化特征。在此基础上, 结合研究区新增土地利用类型的解译结果, 对三门湾地区海岸开发方式进行系统分析。结果表明: 1973~2013 年三门湾岸线总体向海推进, 总长度减少 40.18 km, 沿岸陆域面积增加 155.89 km², 其中 2000~2013 年岸线向海扩张最为显著, 近 40 a 来, 在沿海三县中, 宁海县岸段岸线变迁最为剧烈; 海岸人为开发是岸线变化的主导因素, 且开发方式时间异质性显著: 早期以围垦造田、堵港蓄淡为主, 20 世纪 80 年代后期至 20 世纪末, 偏重围垦养殖, 进入 21 世纪, 开发规模大幅增长, 围垦造田和养殖依然是海岸开发的主要方式, 同时城镇、工业建设等围填海规模迅猛, 港口码头建设也加快了步伐, 海岸开发方式呈现多样化。

关键词: 三门湾; 遥感; 海岸线变迁; 土地利用

中图分类号: P748 文献标识码: A 文章编号: 1000-3096(2015)02-0043-07

doi: 10.11759/hyqx20141011004

进入 21 世纪以来, 随着陆域空间资源的日益紧张, 世界各国纷纷把目光投向蔚蓝色的海洋, 国际间的海洋竞争已呈白热化。放眼国内, 沿海各地也处处涌动着蓝色经济的开发浪潮, 岸线资源利用的范围和规模迅速扩大, 作为难以再生的宝贵资源, 岸线必须加强保护, 有序开发, 合理利用。三门湾是浙江省三大港湾之一, 是浙江省对外开放的前沿地带, 具有独特的开发优势和巨大的发展潜力。了解三门湾海岸线的现状和动态变化对于实现三门湾岸线资源的科学规划、合理开发具有重要的意义。

遥感具有大面积、同步、快速获取地面信息的技术优势, 能做到大范围、长时间序列监测, 已成为海岸线监测的重要手段, 在国内外海岸线研究中有着广泛的应用。SemihEkercin^[1]利用 Landsat 卫星影像, 对土耳其爱琴海西岸的海岸线变化进行了分析, 研究表明该区域在海陆相互作用下, 26 a 里海岸线最大位移距离达 200 多米; Viridis 等^[2]使用了 1955~2010 年的航空相片、卫星影像等多时相数据集, 针对意大利撒丁岛西北的普拉塔莫纳—莫里扎沙滩上 300 m 宽的侵蚀区域展开分析, 发现由土地利用变化和上游建坝所导致的主要河流流量的骤减是岸线变迁的主要因素。近年来, 随着国内对海湾地区开发利用热情的日益攀升, 海湾海岸线变迁得到普遍关注^[3-6],

海湾海岸土地利用/覆盖研究也逐渐成为热点话题, 吴季秋等^[7]以八门湾为研究区, 采用遥感(Remote Sensing, RS)和地理信息系统(Geographic Information System, GIS)相结合的技术, 提取了 1988 年、1998 年和 2009 年 3 a 的土地利用/覆盖空间格局信息, 研究其土地利用变化动态, 并分析了自然驱动因素和社会经济驱动因素的作用。针对三门湾, 国内的研究工作多集中在水动力、渔业资源、生态环境等方面^[8-11], 对海岸线的演变、现状及开发的全面研究较少。

本文旨在利用 1973~2013 年 4 期 Landsat 卫星数据, 在定量获取三门湾大陆海岸线相关数据、解译岸线变化区域内土地利用类型的基础上, 实现近 40 a 来环三门湾地区岸线变迁遥感监测以及海岸开发方式的系统分析。

1 研究区概况

三门湾位于浙江省中部沿海, 居全国岸线之中心, 地理坐标在 28°57'~29°22'N, 121°25'~121°58'E^[12]

收稿日期: 2014-10-11; 修回日期: 2014-11-20

基金项目: 中欧国际合作龙计划 3 期项目: Monitoring China's Coastal Zones and Adjacent Seas Under Global Change by Satellite Data (10470)

作者简介: 陈晓英(1980-), 女, 山东青岛人, 助理研究员, 硕士, 主要从事海岛海岸带遥感与应用研究, 电话: 0532-88967870, E-mail: cxy@fio.org.cn

(图 1)。三门湾地跨宁波市象山县、宁海县和台州市三门县,湾口北起炮台山东南角,中端为燕坤山岛南嘴,西至青峙山岛东嘴,是呈西北-东南向的半封闭溺谷型海湾,潮流属往复流,潮汐为正规半日潮,冬季多北、东北风,夏季多东南风,夏秋之际多台风,年降水量约 1 400 mm。三门湾岸线曲折,港汊纵横如树枝状深入内陆,入湾河流均为短小的山溪性河流,港汊之间普遍发育有舌状潮滩,湾内岛屿罗列,有大小岛屿 130 余个。沿岸主要港口有湾东侧的石浦港以及西侧的健跳港,湾内重要水道有猫头水道、蛇蟠水道、石浦水道等。

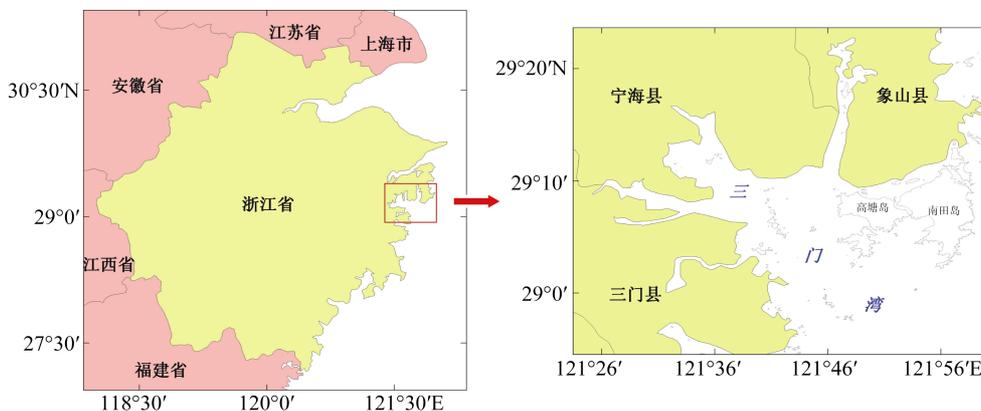


图 1 研究区地理位置图

Fig.1 Geographical position of Sanmen Bay

表 1 遥感影像数据信息

Tab.1 Information of remote sensing images

影像来源	轨道号	空间分辨率(m)	成像时间(年-月-日)
Landsat-1 MSS	126-40	80	1973-01-30
Landsat-5 TM	118-40	30	1987-05-18
Landsat-7 ETM+	118-40	30	2000-09-18
Landsat-8 OLI	118-40	30	2013-12-03

2.2 岸线提取方法与精度验证

中华人民共和国国家标准《海洋学术语海洋地质学》(GB/T 18190-2000)规定:“海岸线即海陆分界线,在我国系指多年大潮平均高潮位时海陆分界线”^[13]。本文岸线提取采用人机交互解译的方法,从影像中提取了三门湾大陆多年大潮平均高潮位的痕迹线。为降低提取过程中的人为误差,确保未发生变迁的岸段岸线位置不变,首先提取了 2000 年的海岸线,然后基于 2000 年提取结果修编得到其余 3 期岸线。鉴于研究区内海岸线主要为人工岸线与基岩岸线,本文未考虑潮汐对海岸线信息提取的影响。

为确保岸线提取精度,本文利用“我国近海海洋

2 数据与方法

2.1 数据处理

本文研究选用 1973 年 Landsat MSS、1987 年 Landsat TM、2000 年 Landsat ETM+ 和 2013 年 Landsat OLI 4 期影像作为岸线变迁分析数据源(表 1)。以国家测绘专项正射校正后的 SPOT-5 影像为基准,分别对 4 期影像进行配准,选用二次多项式校正,双线性插值采样,配准精度控制在 0.5 个像元内。校正后的影像均采用高斯-克吕格投影和 WGS-84 坐标系。

综合调查与评价专项”(简称“908 专项”)三门湾地区修测岸线对 2000 年的提取结果进行了精度验证。选取 908 修测岸线相对于本文 2000 年岸线未发生变迁的岸段,利用 Arcgis 在 2000 年岸线上每隔 100 m 选择一个点(图 2),共 552 个点,计算每个点到修测岸线的最短距离,求取最短距离的均方根误差。通过计算,均方根误差为 21 m,即在一个像元之内,精度满足本文研究需要。

2.3 岸线变迁分析方法

本文在岸线信息提取结果的基础上,通过 GIS 软件定量获取了三门湾岸线长度以及海岸带陆域变迁面积,分别对 1973~2013 年三门湾整体、沿岸各县

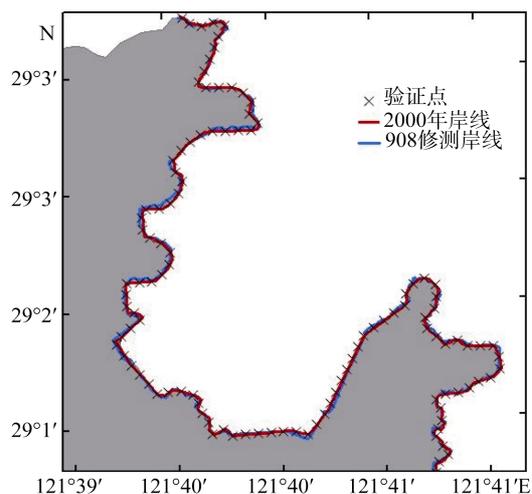


图 2 部分验证点分布示意图

Fig.2 Distribution of part of the verification points

级市(象山县、宁海县、三门县)进行岸线时空变化特征分析,并针对研究区特点对海岸带新增土地利用方式进行分类,探讨研究区海岸开发方式的转变特

征。各土地利用类型及其说明如表 2 所示,依此分类既有利于分析海岸线变化的影响因素,也利于监测海岸资源利用与管理。本文在分析陆域变迁时,因围填海而与大陆相连的海岛不计入新增土地面积。

3 结果与分析

3.1 岸线变迁总体情况

1973~2013 年 4 期三门湾大陆海岸线及陆地增加面积提取结果见图 3、图 4,相关数据列入表 3。1973~2013 年三门湾岸线总长度减少 40.18 km,40 a 来平均减少速度 1.00 km/a。1973~1987 年、1987~2000 年岸线长度分别减少 40.77、16.03 km,2000~2013 年期间岸线长度增加 16.62 km(图 5)。在研究时段前期和中期,三门湾沿海三县岸线长度均成下降趋势(图 6),前期宁海县减少最为明显,为 29.74 km,中期象山县减少最多,为 7.05 km;研究时段后期,象山县、宁海县岸线长度继续小幅度减少,三门县岸线长度明显增长,2000 年之后共增长了 19.04 km。

表 2 新增土地利用分类

Tab.2 Classification of new land use

土地利用类型	说明
养殖用地	以围填海的方式,围垦近岸海域用于水产养殖的土地
农业用地	以围填海的方式,围垦近岸海域用于农作物、果树种植的土地
水库	人工堵港、拦海筑坝形成的水面
港口码头	以围填海的方式,用于修建港口码头的土地
建设用	以围填海的方式,用于居民地、交通、工矿厂房建设等用途的土地
其他	已围填,尚未利用的土地

表 3 岸线长度变化及陆地增加面积统计

Tab.3 Statistics of changes of coastline length and land area

行政区	岸线长度变化(km)				陆地增加面积(km ²)			
	1973~1987 年	1987~2000 年	2000~2013 年	合计	1973~1987 年	1987~2000 年	2000~2013 年	合计
象山县	-7.54	-7.05	-1.44	-16.03	15.67	1.96	2.18	19.81
宁海县	-29.74	-4.42	-0.98	-35.14	35.86	4.13	49.45	89.44
三门县	-3.49	-4.56	19.04	10.99	3.30	3.29	40.05	46.64
总计	-40.77	-16.03	16.62	-40.18	54.83	9.38	91.68	155.89

影响岸线长度变化的因素有很多。三门湾海涂宽广,港汊纵横,一方面,在人为开发作用下,曲折的淤泥质海岸和海湾被围垦,成为农作物、果树种植基地或海产品养殖池塘,一些深入内陆的港汊被拦海筑坝用以蓄淡,都会使得海岸线变短;另一方面,港口区域码头扩建、“凸”字形围海养殖以及湾内一些近岸岛屿受开发作用影响,与大陆相连成为陆地一部分,从而又会导致海岸线增长。

海岸线在空间上的变化会直接导致海岸带陆域面积发生变化。1973~2013 年,三门湾岸线总体以人工围海造地和海岸开发产生的向海延伸为主,40 a 来三门湾沿岸陆域面积共增加 155.89 km²,平均增速为 3.9 km²/a。从时间分布上来看,2000~2013 年陆域面积增幅最大,达 91.68 km²,占 40 a 来新增土地总面积的 58.8%,其次是 1973~1987 年,新增土地 54.83 km²;空间分布上,近 60%的新增土地分布于

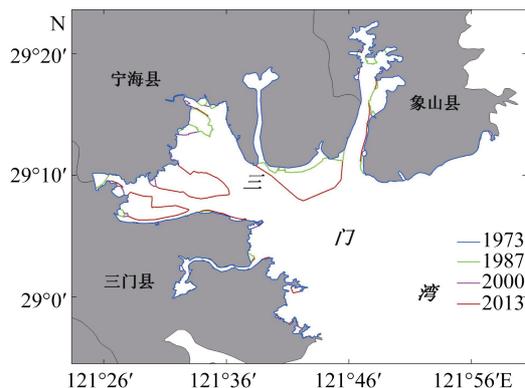


图3 三门湾大陆海岸线40 a变迁

Fig.3 Coastline changes of the Sanmen Bay in past 40 years

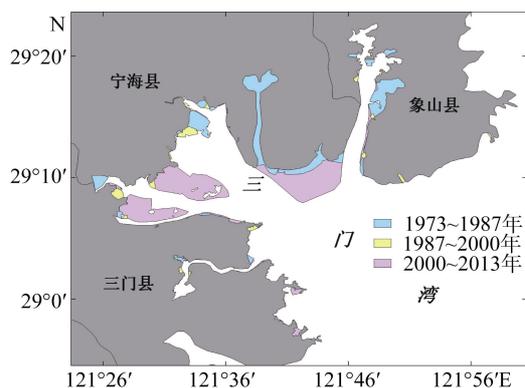


图4 1973~2013年三门湾沿岸新增陆地区域

Fig.4 New land area along the coast from 1973 to 2013

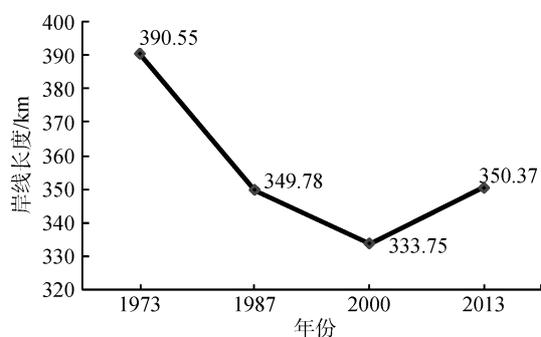


图5 三门湾海岸线总长度变化趋势图

Fig.5 Length change trend of the Sanmen Bay coastline

宁海县, 新增面积达 89.44 km²。

3.2 沿海各县海岸线变迁及驱动力分析

3.2.1 象山县岸段

象山县岸段 1973 年、1987 年、2000 年及 2013 年海岸线长度分别为 110.12、102.58、95.53、94.09 km, 长度持续减少, 40 a 来共减少 16.03 km。

1973~1987 年是象山县岸线向海延伸最为明显

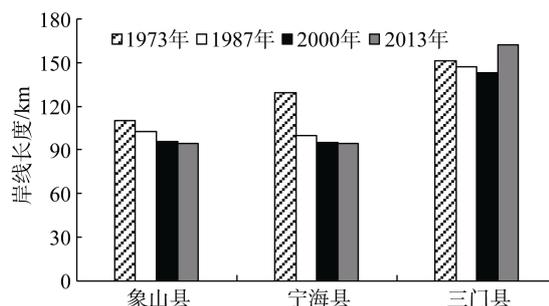


图6 三门湾沿海三县海岸线长度分布图

Fig.6 Length distribution of coastline in three coastal counties

的时段, 此期间陆域面积增加 15.67 km², 占近 40 年来该岸段陆域总增加面积的 80%, 新增土地多为农业用地, 主要分布在岳井洋北段两岸; 另外, 为增加淡水资源, 满足周边区域灌溉用水需求, 1975 年该县对位于西南部的岳井洋支流-大塘港成功进行了堵港蓄淡, 建成大塘港水库, 致使岸线发生较为显著的改变, 如今该水库已成为象山县中南部地区的重要供水水源。

1987~2000 年、2000~2013 年象山县岸段陆域面积分别增加 1.96、2.18 km², 区域内大部分岸线无变化, 仅个别岸段因围垦养殖而发生岸线向海推移。

3.2.2 宁海县岸段

宁海县岸段是三门湾沿岸 40 a 来变迁最为剧烈的地区。该岸段 1973 年、1987 年、2000 年及 2013 年海岸线长度分别为 129.47、99.73、95.31、94.33 km, 岸线长度整体呈下降趋势, 40 a 来共减少 35.14 km。

1973~1987 年, 引起岸线变迁的首要因素是农业围垦, 此期间该岸段陆域面积增加 35.86 km², 其中农业用地占 60.6%。其次为堵港蓄淡工程, 占地 31.0%, 位于此岸段的最大的一座海塘型水库-胡陈港水库于 1973 年动工, 1979 年竣工验收, 功能集灌溉、排涝、防洪、御潮为一体。

1987~2000 年, 宁海县大部分岸段岸线无变化, 陆地向海推进明显减缓, 新增土地 4.13 km², 多用做围垦养殖, 主要分布于县西部力洋港-青山港之间的部分岸段。

2000~2013 年, 宁海县岸线长度虽然变化不大, 但岸线位置却大幅向海推进, 陆域面积增幅高达 49.45 km², 占 40 a 来宁海县沿岸总增加面积的 55.3%。大型围垦工程是导致该期间陆域扩张的主要原因, 浙江的土地资源较少, 无论是发展工业还是农业, 围垦滩涂都是一个较好的弥补土地的方式。作为浙

江省滩涂资源最为丰富的区域之一, 2000 年之后宁海县共策划围垦三块滩涂, 其中蛇蟠涂围垦工程(图 7)作为宁波市新世纪重点工程于 2003 年 9 月正式动工, 目前已完成, 围垦面积 2.08 万亩; 下洋涂围垦工程于 2007 年开工建设, 现已实现全线封闭, 将于 2015 年正式完工, 围垦面积 5.4 万亩, 是浙江省最大的一次性围垦工程(图 8)。另外, 双盘三山涂围垦项目也于 2013 年启动, 计划围涂面积 5.64 万亩。

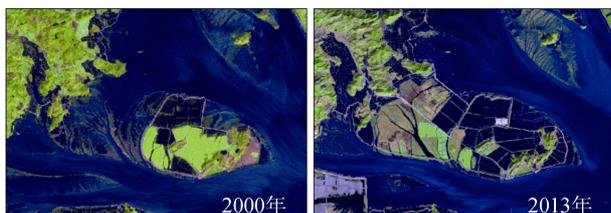


图 7 宁海县蛇蟠涂围垦工程变迁示意图
Fig.7 Shepantu reclamation in Ninghai County



图 8 宁海县下洋涂围垦工程变迁示意图
Fig.8 Xiayangtu reclamation in Ninghai County

3.2.3 三门县岸段

三门县岸段 1973 年、1987 年、2000 年及 2013 年海岸线长度分别为 150.96, 147.47, 142.91, 161.95 km, 岸线长度呈现前期和中期下降、后期明显增加趋势, 40 a 来岸线长度整体增加了 10.99 km。

1973~1987 年, 三门县岸段岸线变迁较小, 陆域面积新增 3.30 km², 其中近 50%为新围填尚未利用地, 余者多为农业用地, 主要分布于六敖镇和健跳镇的局部岸段, 另外, 位于健跳港上游的罗香水库于 1979 年完工建成, 也使得岸线较为明显地向海推进。

1987~2000 年, 三门县大部分岸段无变迁, 仅旗门港、健跳港等区域的少部分岸段因围填养殖而发生明显变迁。该时期, 三门县陆域面积新增 3.29 km², 几乎全部为养殖用地。

2000~2013 年是三门县岸段陆域扩张最为显著的时段, 此期间岸线长度增长 19.04 km, 新增土地 40.05 km²。位于县东北部的晏站涂围垦工程是导致该时期陆域面积猛增的主要因素, 此工程是三门县迄今为止围垦面积最大的省重点围垦工程, 于 2003

年底动工, 2009 年 7 月竣工, 围涂面积 1.91 万亩, 规划用于滨海新城建设, 是三门县“开发三港, 建设三城”战略的重要组成部分。晏站涂围成后, 与东侧花鼓漫岛及周围万余亩养殖围塘连成一体, 岸线大幅向海推进(图 9)。另外, “三港三城”战略的实施, 带动了海游港、健跳港沿岸港口、电力资源的开发, 随着 2009 年三门核电一期、2012 年牛山涂火电项目的开工建设, 相关岸段岸线外推。



图 9 三门县晏站涂围垦工程变迁示意图
Fig.9 Yanzhantutu reclamation in Sanmen County

3.3 三门湾海岸开发方式特征

三门湾内多种资源共存, 宜于围涂垦种、水产养殖、港口开发、电力建设及堵港蓄淡等, 因此, 三门湾的开发得到水利、水产、电力、农业、交通以及海洋等多种行业的关注。为进一步了解三门湾沿岸对土地的需求以及海岸开发方式的转变特征, 基于卫星遥感影像目视解译了新增土地利用类型。各时间段内因海岸开发而增加的不同土地利用类型面积如图 10 所示。

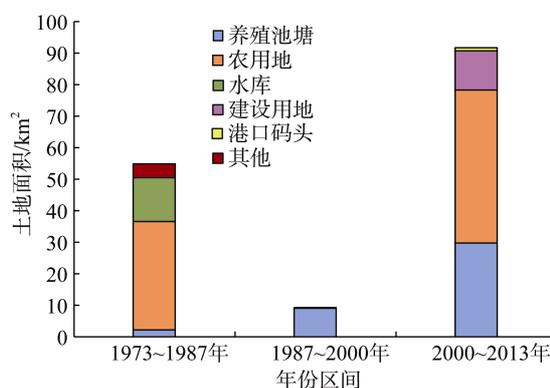


图 10 各时期新增土地利用类型面积对比

Fig.10 Comparison of new land use area in different periods

40 a 来三门湾岸线变迁导致沿岸陆地面积新增 155.89 km²。1973~1987 年间新增土地 54.83 km², 其中 34.41 km² 为农用地, 占该时期增加土地面积的 62.8%, 其次为堵港蓄淡水水库用地, 占 23.8%;

1987~2000 年期间新增土地 9.38 km², 其中 95.5% 用做为养殖池塘, 其余为农用地; 2000~2013 年新增土地 91.68 km², 近前、中期新增土地面积总和的 1.5 倍, 其中农用地所占比例最大, 占该时期新增土地面积的 53%, 面积达 48.56 km², 其次为养殖池塘 29.72 km², 再次为建设用地 12.29 km², 港口码头用地 1.11 km²。

3 个时段相比, 可以看出三门湾海岸开发方式时间异质性显著:

1) 围涂垦植和堵港蓄淡是三门湾资源的传统开发项目, 具有悠久的历史, 自 1950 年以来, 便成为粮棉等经济作物和柑橘等水果的种植基地, 并开展了淡水养殖。因此在研究时段早期, 三门湾沿岸开发以围垦造田、兴修水利为主, 兼有小片围垦养殖;

2) 20 世纪 80 年代后期至 20 世纪末, 三门湾海岸开发幅度减小, 且方式较为单一, 以滩涂的养殖业发展为重, 在巩固传统贝藻类养殖的同时积极发展鱼虾类养殖, 不断扩大养殖面积, 新增土地几乎全部为养殖用地;

3) 进入 21 世纪以来, 三门湾海岸开发规模大幅增长, 围垦造田和养殖依然是海岸开发的主要方式, 但随着近年来城市化进程的提速和经济结构的调整, 用于城镇、电力、滨海产业等建设的围填海规模迅速增加, 同时, 老港改造和码头扩建也加快了步伐, 海岸开发方式呈现多样化。

4 结论与讨论

本文利用 1973~2013 年间的遥感影像, 以人机交互方式完成了 4 期三门湾地区海岸线位置、长度、海岸带新增土地利用类型等信息的提取, 基于提取结果按照县级市分岸段进行了岸线时空变迁分析, 探讨了三门湾海岸开发方式。主要结论如下:

1) 1973~2013 年, 三门湾大陆岸线总体因人工围海造地和海岸开发而不断向海推进, 40 a 来岸线总长度减少 40.18 km, 平均减少速度 1.00 km/a, 沿岸陆域面积增加 155.89 km², 平均增速为 3.90 km²/a。时间分布上, 2000~2013 年向海扩张最为显著, 陆域面积增幅达 91.68 km²; 空间上, 近 60% 的新增土地分布于宁海县。

2) 40 a 来, 象山县岸段岸线长度减少 16.03 km, 陆域面积增加 19.81 km², 农业围垦和堵港工程使得该岸段 1973~1987 年岸线变化最为明显; 宁海县岸段在三门湾沿岸三县中岸线变迁最为剧烈, 岸线长

度共减少 35.14 km, 陆域面积增加 89.44 km², 2000~2013 年间变化最为显著, 蛇蟠涂、下洋涂两大围垦工程的实施, 是导致该时期岸线大幅向海推进的首要因素; 三门县岸段岸线长度整体增加 10.99 km, 陆域面积增加 46.64 km², 晏站涂围垦工程导致 2000~2013 年该县岸线变迁最为明显, 陆域扩张迅速。

3) 三门湾海岸开发方式时间异质性显著。早期, 三门湾沿岸开发以围垦造田、堵港蓄淡为主; 20 世纪 80 年代后期至 20 世纪末, 海岸开发幅度减小, 且方式较为单一, 以滩涂的养殖业发展为重; 进入 21 世纪以来, 三门湾海岸开发规模大幅增长, 围垦造田和养殖依然是海岸开发的主要方式, 同时, 城镇、工业等建设用地规模迅增, 港口码头建设也加快了步伐, 海岸开发方式呈现多样化。

受影像分辨率所限, 文中目视解译结果存在一定的偏差, 但总体上, 监测分析结果能真实地反映三门湾地区岸线变化的规模、趋势以及沿海发现状。随着开发力度和密度的逐渐加大, 如何持续有效地利用海湾资源, 实现社会、经济、生态的协调发展, 将有待深入研究。

致谢: 本文所用 Landsat 影像由 USGS 网站(<http://www.usgs.gov>)下载。

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] Viridis S, Oggiano G, Disperati L. A geomatics approach to multitemporal shoreline analysis in western Mediterranean: the case of Platamona-Maritza beach (Northwest Sardinia, Italy) [J]. Journal of Coastal Research, 2012, 28(3): 624-640.
- [3] 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, 15(4): 54-58.
- [4] 于宁, 郭佩芳, 吕忻等. 胶州湾海岸线的演变与发展对策研究 [J]. 海洋湖沼通报, 2010, (4): 79-86.
- [5] 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, 51(1): 23-27.
- [6] 于杰, 杜飞雁, 陈国宝, 等. 基于遥感技术的大亚湾海岸线的变迁研究 [J]. 遥感技术与应用, 2009, 24(4): 512-516.
- [7] 吴季秋, 俞花美, 葛成军, 等. 基于 RS 与 GIS 的海湾

- 土地利用/覆盖及驱动机制研究[J]. 海南师范大学学报(自然科学版), 2012, 25(2): 207-211.
- [8] 彭婷容. 三门湾水动力环境对围填海的响应[D]. 杭州: 浙江大学, 2013.
- [9] 谢亚力, 武冬领. 三门湾滩涂围垦对海湾水动力及海床影响初步分析[C]//中国水利学会滩涂湿地保护与利用专业委员会. 滩涂利用与生态保护. 北京: 水利水电出版社, 2006: 146-151.
- [10] 李铁军, 郭远明, 贾怡然, 等. 三门湾海域环境质量现状评价与分析[J]. 海洋湖沼通报, 2011, 3: 123-128.
- [11] 高爱根, 杨俊毅, 曾江宁. 浙江三门湾贝类分布特征[J]. 海洋科学, 2005, 29(8): 42-45.
- [12] 中国海湾志编纂委员会. 中国海湾志第五分册[M]. 北京: 海洋出版社, 1992: 234-308.
- [13] 国家质量技术监督局. GB/T18190-2000 海洋学术语-海洋地质学[S]. 北京: 中国标准出版社, 2000.

Monitoring and analysis of coastline changes of the Sanmen Bay with remote sensing during the past 40 years

CHEN Xiao-ying, ZHANG Jie, MA Yi, CUI Ting-wei
(First Institute Of Oceanography, SOA, Qingdao 266061, China)

Received: Oct., 11, 2014

Key words: the Sanmen Bay; remote sensing; coastline changes; land use

Abstract: Based on Landsat MSS, TM, ETM+ and OLI images obtained from the Sanmen Bay, the coastlines during four periods from 1973 to 2013 were extracted by visual interpretation, and the lengths of coastline and the changes of land area were obtained. Specifically, we divided the Sanmen Bay coastline to three parts (Xiangshan County, Ninghai County and Sanmen County) to analyze the spatial and temporal coastline changes. Furthermore, with the interpretation of land use type in coastline displacement area, systematic analysis of coastal development of the Sanmen Bay was performed. The results reveal that most parts of the coastline of Sanmen Bay showed a growing trend towards the sea from 1973 to 2013, while the whole length decreased by 40.18 km, there was a increase of 155.89 km in land area. The period with the most significant change was from 2000 to 2013, and the coastal section with the most significant change was Ninghai County during the past 40 years. The human development was the dominant factor for the Sanmen Bay coastline changes, and the development mode had significant temporal heterogeneity: reclamation of farmland and polder reservoir were the main ways in early stage, and the development focus converted to aquaculture from the late 80's to the end of last century. Since the beginning of the 21th century, the reclamation of farmland and aquaculture was still the main mode of coastal development. The scale of reclamation for urban and industrial construction increased rapidly, and the port construction accelerated at the same time. The way of coastal development was diverse.

(本文编辑: 李晓燕)