

近 40 年来海州湾海岸线时空变化分析^{*}

陈晓英, 张 杰, 马 毅

(国家海洋局 第一海洋研究所, 山东 青岛 266061)

摘 要:以 Landsat MSS、TM、ETM+ 影像和 HJ-1A CCD1 影像为数据源, 对海州湾大陆海岸线 1973—2013 年的变迁进行了连续监测, 定量获取了海岸线信息, 解译了岸线摆动区内土地利用类型, 对近 40 a 来海州湾大陆海岸线时空变化和海岸开发方式进行了系统分析。结果表明: 海州湾岸线长度及类型动态变化显著, 岸线长度整体增加, 海湾面积不断减少, 岸线类型以人工岸线为主; 岸线整体向海推进导致陆域面积净增 65.54 km², 变迁速率时空分布不均, 变迁主要发生在岚山港、绣针河口至柘汪河口、兴庄河口至西墅、连云港岸段, 城镇扩张导致 2010—2013 年变迁最为剧烈, 速率达 122.9 m/a; 海岸人为开发是海州湾岸线变化的主导因素, 且开发方式时间异质性显著, 早期以盐业、养殖业为主, 20 世纪 80 年代开始港口码头建设比例显著增加, 进入新世纪以来, 用于城镇建设的围填海规模大幅增长, 尤其是 2010 年之后已成为海州湾地区海岸开发的首要方式。

关键词:海州湾; 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:1671-6647(2014)03-0324-11

海湾是宝贵的空间资源, 其区位、资源、环境等方面的诸多优势促使人们对海湾开发利用的热情不断攀升, 海洋养殖业的发展、大型港口的建设、临海工业基地的形成, 都体现了海湾开发在我国国民经济发展中的重要地位。海州湾位于苏北鲁南, 地处南北气候过渡地带, 海洋环境优越, 生物资源丰富, 是江苏省唯一的海珍品产地, 也是全省唯一的基岩港湾型海域, 具有十分重要的海洋资源开发与生态环境保护价值。随着 2009-06 国务院通过《江苏沿海地区发展规划》, 作为江苏沿海开发龙头的海州湾地区被历史性地摆上了国家战略开发的层面。掌握海州湾海岸的现状和动态变化对于国家战略规划的顺利实施有重要的意义。

遥感技术是海岸线变迁监测的重要手段, 具有大范围同步、高频度观测的优势, 在国内外海岸线研究中均有着广泛的应用。Brandon L. Edwards 等利用 1973—2004 年 8 批航空影像来分析路易斯安那州格兰德艾尔岛防波堤群建设前后的岸线变化趋势, 发现该岛上游区域由稳定变为加速淤涨, 下游则由稳定增长变为侵蚀^[1]; Kawakubo 等利用 Landsat TM 和 ETM+ 影像评估了巴西东南部海岸的地貌特征, 并制作了岸线变化图^[2]; SHEIK Mujabar 等通过 6 期 IRS 和 Landsat 数据提取了印度南部科摩林角和杜蒂戈林之间约 160 km 的海岸线, 并利用数字岸线分析系统(Digital Shoreline Analysis System, DSAS)计算出的岸线变化率分析了岸线的侵蚀与增长^[3]。近年来, 在中国的渤海湾、胶州湾、杭州湾、大亚湾^[4-7]等海湾地区都相继开展了海岸线变迁的遥感研究, 吴季秋等人还以八门湾为研究区采用遥感(RS)和地理信息系统(GIS)相结合的技术, 对海湾地区土地利用/覆盖时空变化进行了分析^[8]。针对海州湾, 近些年关注的焦点多集中在气象、渔业资源、生态环境等^[9-11]方面, 对海岸线的演变及现状缺乏系统全面的研究。

基于 Landsat 和国产环境卫星数据, 本研究定量获取了 1973—2013 年间 6 期海州湾大陆海岸线的数据, 解译了岸线变化摆动区内土地利用类型, 对自 1973 年以来 40 a 海州湾大陆海岸线的类型构成、时空变化特征及海岸开发方式进行了系统研究, 以期在海州湾合理、有效地开发岸线资源, 加强海岸带综合管理, 实现海岸资源可持续利用提供科学支持。

^{*} 收稿日期: 2013-11-18

资助项目: 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方面研究。E-mail: cxy@fio.org.cn

(王 燕 编辑)

1 研究区概况

海州湾是濒临黄海的一个开敞型海湾,北起山东省日照市岚山镇佛手嘴($35^{\circ}05'55''\text{N}$, $119^{\circ}21'53''\text{E}$),南至江苏省连云港市连云区的高公岛($34^{\circ}45'25''\text{N}$, $119^{\circ}29'45''\text{E}$)^[12](图 1)。海州湾沿岸低山丘陵与平原交错,北部是鲁南低山丘陵的东翼,南部是由锦屏山、云台山等组成的变质岩低山丘陵区,中间则为宽坦低平的海积平原。沿岸入湾河流有绣针河、龙王河、青口河等。海岸类型主要是粉砂淤泥质海岸,其次是基岩海岸和沙质海岸。受海洋的调节,海州湾具明显季风气候特点,年降水量 1 000 mm,常年平均气温 14°C ,主导风向为东南风,潮汐属正规半日潮。

2 数据与方法

2.1 数据源及预处理

选用 1973 年和 1978 年 Landsat MSS、1990 年 Landsat TM、2000 年 Landsat ETM+、2010 年

Landsat TM 和 2013 年 HJ1A CCD1 六期影像为岸线变迁研究的主要数据源(表 1),以我国近海海洋综合调查与评价专项(简称“908 专项”)2003 年的 SPOT 5 正射校正影像为辅助配准数据源。首先以 SPOT 5 影像为地理参考,对 2000 年的 Landsat ETM+ 影像进行几何校正;然后以校正好的 2000 年影像为基准,对其他 5 期遥感影像进行几何校正,校正精度控制在 0.5 个像元内。岸线提取和变迁分析过程中,还参考了 908 专项江苏省海岸带调查结果包括海岸线类型、土地利用、围填海、植被覆盖、港口等信息。

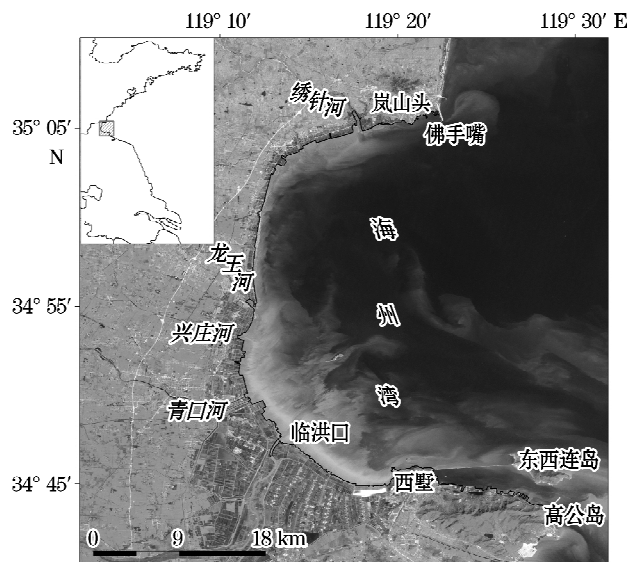


图 1 研究区遥感影像图

Fig. 1 Remote sensing image of the study area

表 1 遥感影像数据信息

Table 1 Information of the selected remote sensing images

影 像	轨道号	空间分辨率/m	成像时间
Landsat MSS	129-36	80	1973-11-17
Landsat MSS	129-36	80	1978-05-13
Landsat TM	120-36	30	1990-10-15
Landsat ETM+	120-36	30	2000-09-26
Landsat TM	120-36	30	2010-08-19
HJ1A CCD1	453-72	30	2013-05-13

2.2 岸线提取方法

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]。本文章岸线提取采用目视解译的方法,结合现场踏勘资料,参考 908 专项“海岸线修测技术规程”^[14]以及孙伟富等人提出的岸线解译标志^[15],从影像中提取了海州湾大陆多年大潮平均高潮位的痕迹线。在提取过程中,还遵循 2 个原则:1)河口地区若有道路、桥梁、防潮闸等,则以其边界线作为岸线位置,若无,则以河口突然展宽处的突出点连线确定岸线位置;2)对于横截宽度小于 Landsat MSS 影像 1 个像素宽度的凸堤处海岸线位置确定在凸堤根部与陆

地相连的连线处。

为了更好地了解研究区海岸开发方式及其转变特征,参考 908 专项“海岛海岸带卫星遥感调查技术规程海岸线分类体系”^[16]、国家海洋局制定的海岸基本功能规划的海洋功能区类型^[17],结合研究区海岸物质组成和海岸开发现状,将海岸线类型分为自然岸线和人工岸线两个一级类,在此基础上进一步详细划分二级类,见表 2。

为确保岸线提取精度,首先提取了 2000 年的海岸线,将岸线结果与 908 专项连云港地区修测岸线叠加,对比结果,表明本研究的岸线位置、类型提取精度较高,满足本研究需要。然后,为消除人为误差,确保未发生变迁的岸段海岸线位置、类型不变,基于 2000 年提取结果在其他各期影像上叠加相邻年份的海岸线矢量层,修边得到各期岸线。

表 2 海岸线分类系统
Table 2 Classification system of coastlines

海岸线类型		说明
自然岸线	粉砂淤泥质岸线	位于淤泥或粉砂质泥滩的海岸线
	基岩岸线	位于基岩海岸的海岸线
	砂质岸线	位于沙滩的海岸线
	河口岸线	入海河口与海洋的界线
人工岸线	建设围堤	用于城镇或海上娱乐场所建设的围垦岸线
	盐养围堤	由人工修筑的,用于盐业或养殖的堤坝
	港口码头岸线	修筑港口码头所形成的岸线

2.3 岸线变迁分析方法

当前,海岸线变化分析方法主要有基线法、动态分割法、缓冲区覆盖法及面积法,每种方法均有独到之处^[18]。其中,基线法能够反映海岸线变化的空间分布特征,面积法能够反映岸线变化摆动影响范围,并可以结合遥感数据判断海岸开发方式。本文在岸线信息提取结果的基础上,综合利用基线法和面积法优点,通过 GIS 软件和 DSAS 模块定量获取了海州湾岸线变化速率以及陆域变迁面积,进行海岸线时空变化特征分析,并结合岸线类型对岸线摆动区内土地利用方式进行了分类。各土地利用类型及其说明如表 3 所示,依此分类能够直接反映研究区的海岸开发方式,既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。

表 3 岸线摆动区内土地利用分类
Table 3 Classification system of the land use in the coastline changing area

土地利用类型	说明
盐田养殖	以围填海的方式,开发近岸海域用于盐碱加工或水产养殖的土地
港口码头	以围填海的形式,用于修建港口码头、货物仓储的土地
建设用地	以围填海形式改变海岸线形态,用于城镇、住宅等用途的建设用地
淤泥滩	因泥沙淤积,海岸线相对向海推进而新增加的土地
蚀退	由于海岸侵蚀后退而损失的土地

3 结果与分析

3.1 岸线总长度及湾面积变化

1973—2013 年 6 期海州湾大陆海岸线提取结果见图 2。40 a 来,海州湾大陆海岸线总长度增加 26.48 km (表 4),其中 1973—1978 年、1978—1990 年期间分别增长 5.12,17.65 km;1990—2000 年、2000—2010 年期

间岸线长度有所下降,分别减少 2.42,0.50 km;2010—2013 年期间再次增长 6.64 km。导致岸线长度变化的原因多样,一方面,原本平直的海岸线由于围填海建养殖区或港口区域建设码头而变成凸出的多边形,导致海岸线增长;另一方面,养殖区建立在弯曲的海岸线上,一些曲折的淤泥质海岸在人为开发作用下被围填,岸线就被人工裁弯取直从而变短。另外,河口泥沙沉积等自然因素也使得海岸线总长度增加。海州湾大陆岸线总长度整体增长的同时,海湾面积持续减少(图 3),1973 年湾面积约 752.53 km²,2013 年减少到 686.09 km²,减少 8.8%。

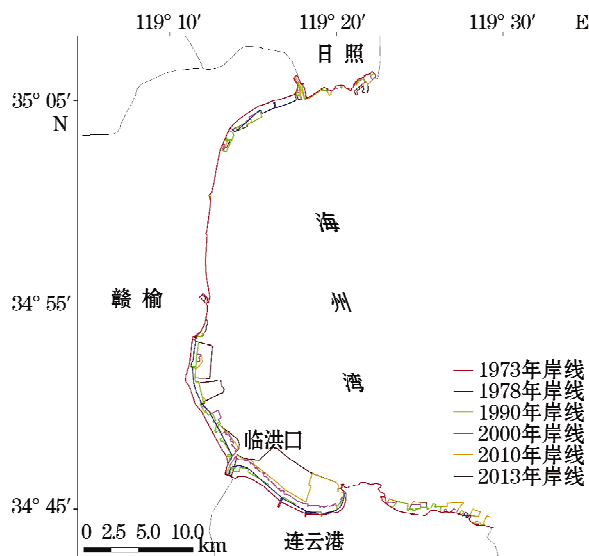


图 2 海州湾大陆海岸线 40 a 变迁

Fig. 2 Coastline changes in the Haizhou Bay during the past 40 years

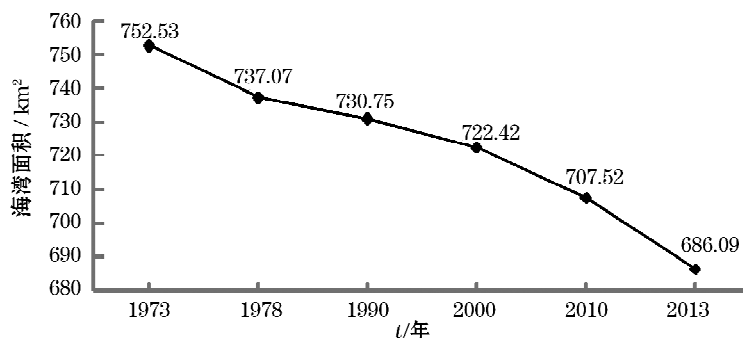


图 3 海州湾湾面积变化趋势图

Fig. 3 Long term changes of the area of the Haizhou Bay

3.2 岸线类型分布及变化

通过对比分析海州湾各岸线类型长度及其所占比例(表 4 和表 5)可知,自 1973 年以来,海州湾大陆海岸线以人工岸线为主,人工岸线比例在波动中总体呈上升趋势,2013 年占岸线总长度的 80%。2013 年海岸线类型分布如图 4 所示。

表 4 6 期海州湾海岸线长度(km)

Table 4 Coastline lengths extracted from 6 satellite images from 1973 to 2013(km)

海岸线类型		年 份					
		1973	1978	1990	2000	2010	2013
自然岸线	河口岸线	1.83	1.29	1.15	1.15	0.85	1.20
	粉砂淤泥质岸线	2.53	29.68	2.47	19.06	2.59	7.74
	基岩岸线	8.78	6.88	6.12	5.31	4.51	4.01
	砂质岸线	12.64	12.64	11.91	10.37	10.23	10.23
	小 计	25.78	50.49	21.65	35.88	18.18	23.17
人工岸线	建设围堤	8.34	9.06	3.32	1.38	7.51	19.79
	盐养围堤	51.98	29.11	71.10	49.67	54.83	40.37
	码头岸线	3.64	6.2	16.43	23.16	29.06	32.89
	小 计	63.96	44.37	90.85	74.20	91.40	93.05
合 计		89.74	94.86	112.51	110.08	109.58	116.22

表 5 各类型岸线所占比例

Table 5 The percentage of different types of coastline

海岸线类型		年 份					
		1973	1978	1990	2000	2010	2013
自然岸线	河口岸线	2.04%	1.36%	1.02%	1.04%	0.78%	1.03%
	粉砂淤泥质岸线	2.82%	31.29%	2.20%	17.31%	2.36%	6.66%
	基岩岸线	9.79%	7.25%	5.44%	4.82%	4.11%	3.45%
	砂质岸线	14.08%	13.32%	10.59%	9.42%	9.34%	8.80%
	小 计	28.73%	53.22%	19.25%	32.59%	16.59%	19.94%
人工岸线	建设围堤	9.29%	9.55%	2.95%	1.25%	6.86%	17.03%
	盐养围堤	57.93%	30.69%	63.20%	45.12%	50.03%	34.73%
	码头岸线	4.06%	6.54%	14.60%	21.04%	26.52%	28.30%
	小 计	71.27%	46.78%	80.75%	67.41%	83.41%	80.06%
合 计		100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%

海州湾人工岸线中盐养围堤所占比例最高,该地区盐业历史悠久,青口、台北等省属盐场以及一些乡镇盐场连成一片。近年来,海州湾沿岸又利用丰富的滩涂资源和低产量的制卤水面大力开展对虾、贝类等养殖业,至 2013 年盐养围堤全长 40.37 km,占总岸线的 34.73%;港口码头岸线所占比例次之,长度呈不断上升趋势,2013 年长 32.89 km,较 1973 年增加 10 倍之多,主要分布在湾北部岚山港港区和南部连云港港区;另外,建设围堤虽然在人工岸线中比重最低,但却是研究后期发展最为迅速的岸线类型,港口经济和海岸环境的宜居优势分别带动了临港产业区的发展和海岸城镇的扩张,2010—2013 年仅 3 a 时间,建设围堤所占比例增加近 1 倍,长度由 7.51 km 增至 19.79 km,主要分布在绣针河至柘汪河岸段(柘汪临港产业区)、赣榆县东部沙汪河至青口河岸段(赣榆滨海新城)以及临洪口至西墅岸段(连云新城)。

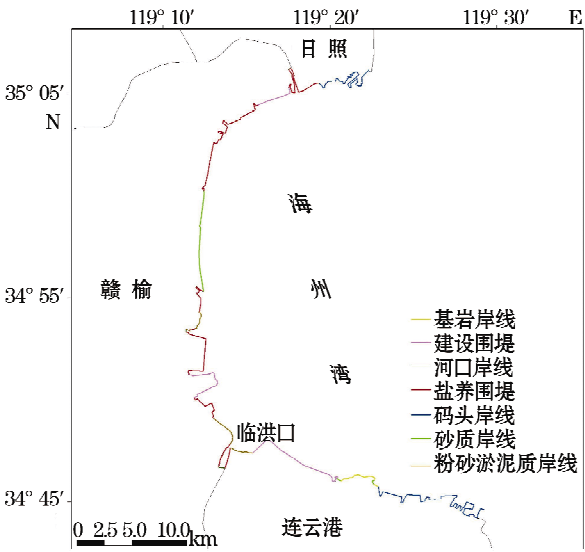


图 4 2013 年海州湾大陆岸线类型分布图

Fig. 4 Distribution of different types of coastline in 2013

自然岸线中,河口岸线所占的比例很小,变化不大;基岩岸线主要分布在西墅以东,其长度逐年降低,40 a 来共减少 4.77 km;绣针河口到兴庄河口的岸段是江苏省唯一一段砂质海岸^[19],其中大部分岸段为防止海岸的侵蚀后退修筑了人工海堤,以人工岸线形式存在,天然砂质岸线主要分布在朱蓬口以北海头镇沙滩岸段,被誉为“江苏北戴河”的海州湾旅游度假区就位于此,西墅以东基岩海岸的岬湾凹岸内也发育有小型沙滩,砂质岸线 2000 年以前长度不断减少,2000 年之后,由于当地对旅游岸线的保护,其基本处于稳定。淤泥质海岸是海州湾最主要的海岸类型,在以湾顶临洪口为中心的兴庄河口到西墅一段,发育有大片以粉砂淤泥为主的潮滩且缓慢淤涨,目前,大部分岸段也都以人工岸线形式存在。研究期内,粉砂淤泥质岸线呈现减少-增长-再减少趋势,与人工岸线此消彼长,显示出围垦-淤涨-再围垦的开发模式。综上,在人为开发和海陆相互作用综合影响下,海州湾大陆海岸线长度及类型均处于动态变化中。

3.3 岸线变迁速率及驱动力分析

利用 DSAS 工具,采用端点法(End Point Rate, EPR)计算海岸线变化率。将基线位置定在各时期海岸线向陆一侧,以 50 m 为间隔,自北向南沿基线共生成 1 570 条垂线计算岸线变迁速率。1973—2013 年海州湾大陆海岸线变迁速率延基线分布如图 5 所示。海岸线在空间位置上的迁移会直接导致海岸带陆地面积发生相应的变化,海岸线向海迁移,意味着海岸带陆地向海推进新增,反之海岸线向陆迁移,意味着海岸带陆地向陆蚀退减少。1973—2013 年海州湾沿岸陆域面积变化见图 6。

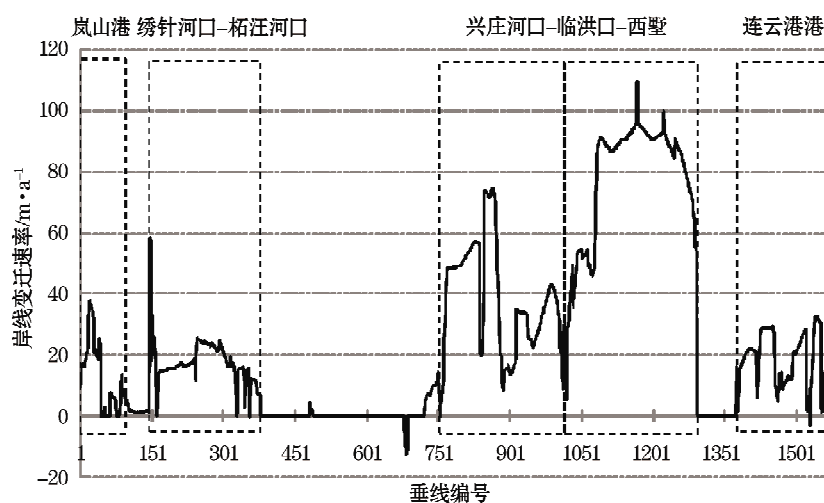


图 5 海州湾岸线 1973—2013 年变迁速率(EPR)

Fig. 5 The changing rate of coastline (EPR) during 1973 and 2013

1973—2013 年间,海州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,个别年份的河口地区有轻微侵蚀后退。40 a 来海岸线变迁速率时空分布不均,由北至南沿基线展开,变化率最大处发生在 1167 号垂线附近,近 110 m/a;各时间段内,1978—1990 年间变化率最小为 7.57 m/a;2010—2013 年间变化率最大,达 122.9 m/a;40 a 间全岸段平均速率为 26.0 m/a。变迁主要发生在湾北部岚山港岸段、绣针河口至柘汪河口岸段、兴庄河口至西墅岸段、连云港岸段。

1)研究区内岚山港岸段 40 a 来岸线平均推进速率 12.78 m/a,净增陆域面积 1.63 km²。1973—1978 年间变化不大,自山东省 20 世纪 80 年代新开辟深水港以来,发展迅速,1978—1990 年间岸线向海推进速率约为 3.05 m/a,2010—2013 年间已增至 85.37 m/a。

2)绣针河口至柘汪河口岸段,40 a 来岸线平均推进速率 16.68 m/a,净增陆域面积 6.11 km²,主要用于围垦养殖和临港产业区建设。

3)兴庄河口至临洪口岸段,40 a 来岸线平均推进速率为 39.00 m/a,净增陆域面积为 18.22 km²。湾顶临洪口是河、海共同作用的淤积海岸,滩涂资源丰富,2010 年以前,海岸开发方式为单一的盐田、围垦养殖。2010—2013 年间岸线变迁剧烈,岸线向海推进速率达 222.96 m/a,位于此岸段的赣榆新城琴岛天籁片区总体工程于 2011-05 开工建设,围填海范围北至沙汪河、南至青口河、东至海堤向东约 2.1 km,围海造陆面积 2.97 km²。

4)临洪口至西墅岸段 40 a 来岸线平均推进速率为 89.22 m/a,净增陆域面积为 32.26 km²,大部分用作城镇建设。2000 年以前,此岸段海岸开发方式以盐田、围垦养殖为主。2005 年,连云港市政府提出了“城市东进,拥抱大海”的发展战略,举全市之力重点建设东部连云滨海新城,西至临洪河西堤,东以北固山为界,规划滩涂面积 31.24 km²,围海造地 17.64 km²(图 7)。2006 年底,连云新城“陆域形成工程”启动。2010-05,随着国务院《长江三角洲地区区域规划》中首次将连云港纳入长三角规划,连云新城项目也步入发展的提速期。2010 年之后岸线推进速率高达 457.23 m/a。

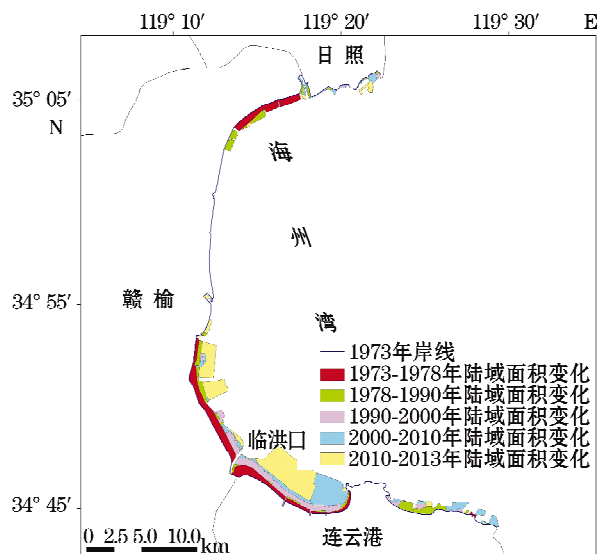


图 6 1973—2013 年海州湾沿岸陆域面积变化

Fig. 6 Land area changes along the coast during 1973 and 2013

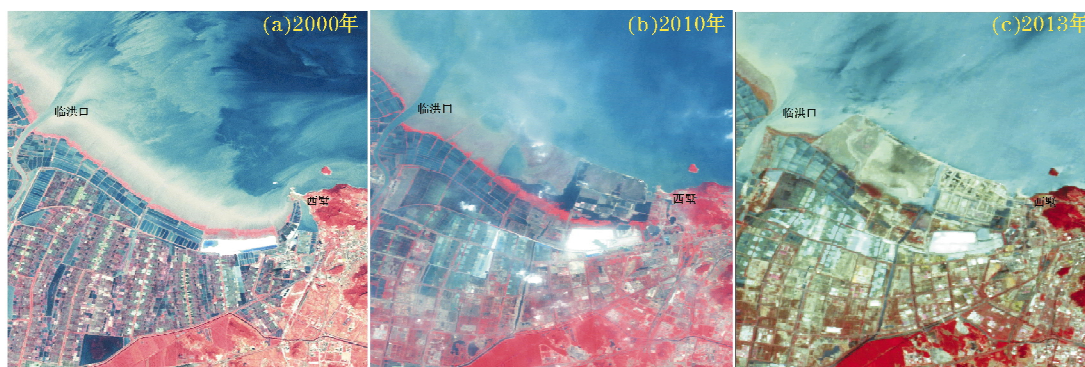


图 7 连云新城开发

Fig. 7 Development and utilization of the Lianyun District

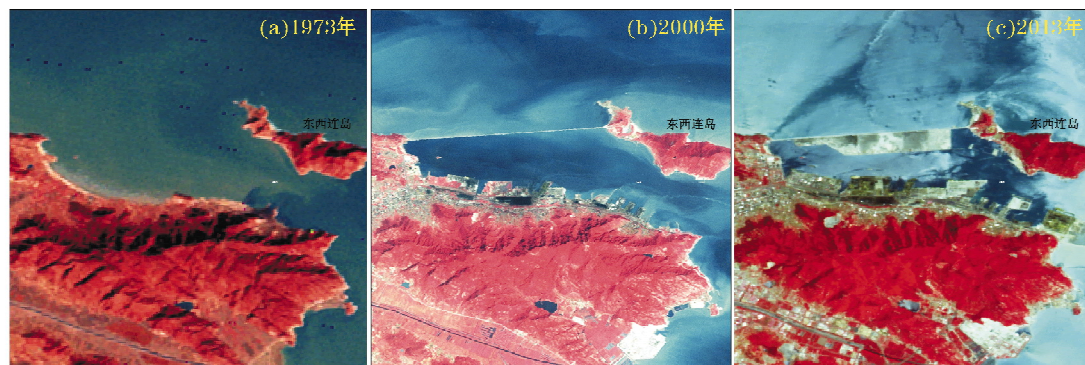


图 8 连云港港建设

Fig. 8 Construction of the Lianyungang Port

5)西墅至烧香河口是江苏省唯一的基岩港湾海岸,建港条件优越,连云港港就位于此。1973 年以来,连云港港得以大规模的建设(图 8),吞吐能力逐步扩大,40 a 来岸线平均推进速率为 89.22 m/a,净增陆域面积 6.47 km²,特别是跨入新世纪后,港口进入规模扩张最快时期,2000—2010 年期间岸线变迁速率达 33.09 m/a。

3.4 岸线摆动区内土地利用类型

为进一步了解海州湾海岸开发方式,基于卫星遥感影像,目视解译了岸线变化摆动区内土地利用类型(土地分类见表 3)。解译结果与 908 专项连云港地区海岸带土地利用数据(土地利用类型判对率优于 80%)进行了比对,精度可用,个别不太明确的图斑通过野外现场踏勘采集回的图片进行了辅助判定。1973—2013 年岸线摆动区内土地利用类型分布见图 9,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。

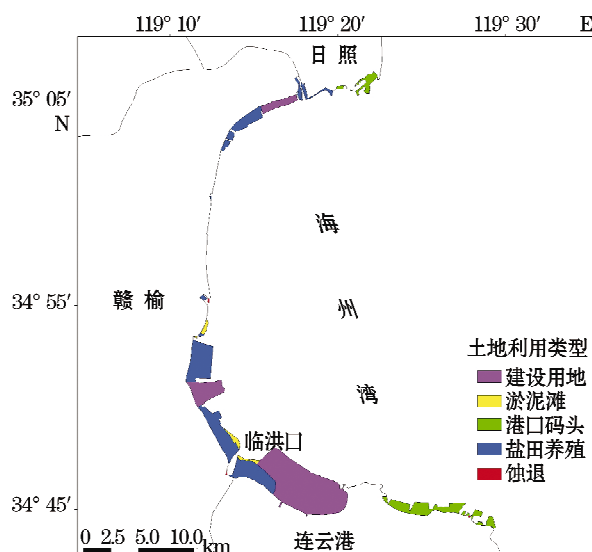


图 9 1973—2013 年岸线摆动区土地利用类型分布

Fig. 9 Distribution of different types of land use in the coastline changing area during 1973 and 2013

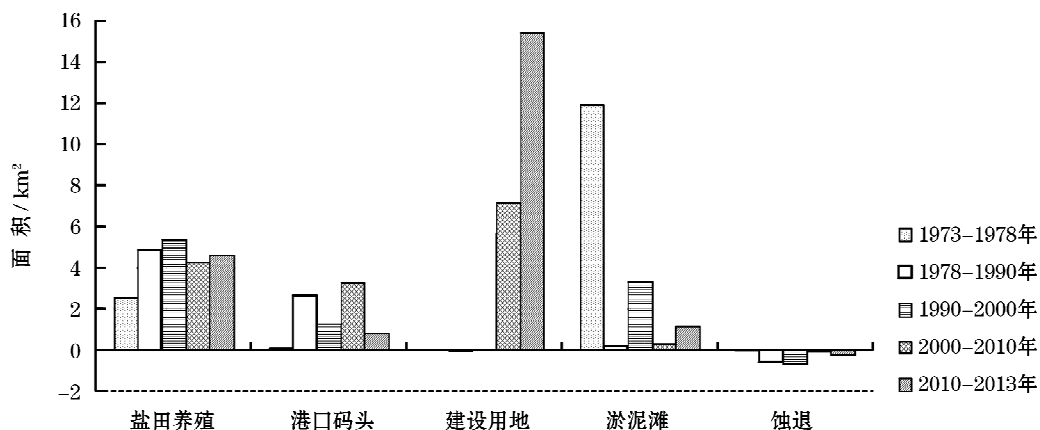


图 10 各时期岸线摆动区土地利用面积对比图

Fig. 10 Changes in the area of different types of land use due to coastline variation during each periods

40 a 来海州湾岸线变迁导致沿岸陆地面积净增 65.54 km²。1973—1978 年新增土地 14.59 km², 其中 11.95 km² 为新淤尚未利用地, 其余几乎全部用作盐田、养殖; 1978—1990 年新增土地 7.74 km², 其中养殖用地所占比例最大, 面积达 4.87 km², 占该时期增加土地面积的 62.9%, 其次为港口码头用地, 面积 2.67 km², 占 34.5%; 1990—2000 年新增土地 10.00 km², 其中 54.0% 用作养殖, 占地 5.4 km², 其次为新淤未利用地 3.34 km², 港口码头用地 1.26 km²; 2000—2010 年新增土地 14.98 km², 其中建设用地所占比例最大, 面积达 7.17 km², 占该时期增加土地面积的 47.8%, 其次为养殖用地和港口码头用地, 分别占 28.5% 和 21.8%; 2010—2013 年短短 3 年期间, 新增土地达 22.07 km², 其中 70.0% 为建设用地, 占地 15.45 km², 其次为养殖用地, 面积 4.62 km², 占 20.9%。

可以看出, 海州湾海岸开发方式时间异质性显著, 早期以围垦养殖、盐业、自然淤积为主; 20 世纪 80 年代至世纪末, 围垦养殖仍是该地区海岸开发的重要方式, 用于发展远洋运输的港口码头建设比例显著增加; 进入新世纪以来, 围垦养殖和港口建设步伐未停, 同时, 用于城镇建设的围填海开发方式规模快速增长, 尤其是 2010 年之后, 更是大幅增长, 已成为海州湾地区海岸开发的首要方式。

4 结 语

1) 1973—2013 年海州湾大陆海岸线长度在波动中呈增加趋势, 海湾面积呈减少趋势。2013 年海岸线长度为 116.22 km, 较 1973 年增加 26.48 km, 海湾面积为 686.09 km², 较 1973 年减少 8.8%。

2) 海州湾大陆海岸线岸线以人工岸线为主, 其中又以盐养围堤所占比例最高, 2013 年占总岸线的 34.73%; 港口码头岸线所占比例次之, 主要分布在岚山港和连云港港区; 建设围堤虽然在人工岸线中比重最低, 但却是研究后期发展最为迅速的岸线类型, 主要分布在柘汪临港产业区、赣榆县东部滨海新城以及连云港市连云新城岸段。

3) 40 a 间海州湾岸线整体向海推进, 个别年份河口岸段发生轻微蚀退, 陆域面积净增 65.54 km²。变迁速率时空分布不均, 海岸城镇扩张导致 2010—2013 年间向海推进速率最大, 达 122.9 m/a; 1973—2013 年全岸段平均速率为 26.0 m/a。变迁主要发生在岚山港、绣针河口至柘汪河口、兴庄河口至西墅、连云港港岸段。

4) 海岸人为开发是海州湾岸线变化的主导因素, 且开发方式有着显著的时间异质性。近 40 a 来, 围垦养殖一直是海州湾海岸开发的主要方式之一; 20 世纪 80 年代开始用于发展远洋运输的港口码头建设比例显著增加; 进入新世纪以来, 海岸开发方式呈现多样化, 用于城镇建设的围填海规模大幅增长, 尤其是 2010 年之后已成为海州湾地区海岸开发的首要方式。

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海州湾地区岸线变化的规模和趋势以及沿海开发现状。随着开发力度和密度的逐渐加大, 如何提高海湾综合开发利用水平、实现经济效益与生态环境并存, 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, HJ 影像由中国资源卫星应用中心提供。

参考文献(References):

- [1] BRANDON L E, STEVEN L N. Changes in shoreline change trends in response to a detached breakwater field at grand Isle, Louisiana [J]. Journal of Coastal Research, 2011, 27(4): 698-705.
- [2] KAWAKUBO F S, MORATOR G. Mapping changes in coastline geomorphic features using Landsat TM and ETM+ imagery: examples in southeastern Brazil [J]. International Journal of Remote Sensing, 2011, 32(9): 2547-2562.
- [3] SHEIK M, CHANDRASEKAR. A shoreline change analysis along the coast between Kanyakumari and Tuticorin, India, using digital

- shoreline analysis system[J]. Geo-spatial Information Science, 2011, 14(4): 282-293.
- [4] JIANG Y, LI J F, KANG H, et al. A remote sensing analysis of coastline changes along the Bohai Bay muddy coast in the past 130 years[J]. Remote Sensing for Land&Resources, 2003, 15(4): 54-58. 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.
- [5] YU N, GUO P F, LU X, et al. The evolution of the coastline of Jiaozhou Bay and suggestions for its development[J]. Transactions of Oceanology and Limnology, 2010, (4): 79-86. 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.
- [6] YANG J Z, LI Z Z, ZHAO Y L. The remote sensing dynamic monitoring of Hangzhouwan banks[J]. Remote Sensing for Land&Resources, 2002, 51(1): 23-27. 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.
- [7] YU J, DU F Y, CHEN G B, et al. Research on coastline change of daya bay using remote sensing technology[J]. Remote Sensing Technology and Application, 2009, 24(4): 512-516. 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.
- [8] WU J Q, YU H M, GE C J, et al. Study on Land Use/Land Cover and driving Mechanism in Bay area based on RS and GIS[J]. Journal of Hainan Normal University: Natural Science, 2012, 25(2): 207-211. 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.
- [9] JIANG Y S, WANG G C, LI J X, et al. Analysis on land-sea breeze feature in coastal area of Haizhou Bay in Lianyungang[J]. Journal of the Meteorological Sciences, 2011, 31(6): 770-776. 姜有山, 王桂臣, 李进喜, 等. 海州湾不同走向海岸的海陆风异同分析[J]. 气象科学, 2011, 31(6): 770-776.
- [10] TANG F H, SHEN X Q, WANG Y L. Dynamics of fisheries resources near Haizhou Bay Waters[J]. Fisheries Science, 2011, 30(6): 335-341. 唐峰华, 沈新强, 王云龙. 海州湾附近海域渔业资源的动态分析[J]. 水产科学, 2011, 30(6): 335-341.
- [11] ZHANG X H, ZHU W B. Analysis of coastal environment effect caused by development activities at Haizhou Bay[J]. Journal of Hohai University: Natural Sciences, 2002, 30(z1): 47-50. 张新华, 朱维斌. 海州湾开发活动的近岸海域环境效应分析[J]. 河海大学学报: 自然科学版, 2002, 30(z1): 47-50.
- [12] China Bay Compilation Committee. China Bay[M]. Beijing: China Ocean Press, 1993. 中国海湾志编纂委员会. 中国海湾志[M]. 北京: 海洋出版社, 1993.
- [13] GB/T18190—2000 Oceanological terminology-Marine geology[S]. Beijing: Standards Press of China, 2000. GB/T18190—2000 海洋学术语-海洋地质学[S]. 北京: 中国标准出版社, 2000.
- [14] State Oceanic Administration People's Republic of China, 908 Project Office. Chinese offshore investigation and assessment project coastline measurement technical regulation(Advance copy)[M]. Beijing: China 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(试行本)[M]. 北京: 海洋出版社, 2007.
- [15] SUN W F, MA Y, ZHANG J, et al. Study of remote sensing interpretation keys and extraction technique of different types of shoreline[J]. Bulletin of Surveying and Mapping, 2011, (3): 41-44. 孙伟富, 马毅, 张杰, 等. 不同类型海岸线遥感解译标志建立和提取方法研究[J]. 测绘通报, 2011, (3): 41-44.
- [16] State Oceanic Administration People's Republic of China, 908 Project Office. Technical specification for satellite sensing investigation of coast and island[M]. Beijing: China Ocean Press, 2006. 国家海洋局, 908 专项办公室. 海岛海岸带卫星遥感调查技术规程[M]. 北京: 海洋出版社, 2006.
- [17] State Oceanic Administration People's Republic of China. The State Oceanic Administration on notice to carry out coastal protection and use planning work[EB/OL]. (2009-02-27)[2013-11-18]. <http://www.soa.gov.cn/soa/workservice/bulletin/webinfo/2009/03/1271382657643442.htm>. 国家海洋局. 关于开展海岸保护与利用规划编制工作的通知[EB/OL]. (2009-02-27)[2013-11-18]. <http://www.soa.gov.cn/soa/workservice/bulletin/webinfo/2009/03/1271382657643442.htm>.
- [18] GAO Y. Research on spatial and temporal changes of China mainland Coastline in the past 30 years[D]. Yantai: Yantai Institute of Coastal Zone Research Chinese Academy of Sciences, Ph.D. Thesis, 2011. 高义. 我国大陆海岸线 30 年时空变化研究[D]. 烟台: 中国科学院烟台海岸带研究所, 2011.
- [19] CHEN J Y, XIA D X, YU Z Y, et al. China Coastal Erosion[M]. Beijing: China Ocean Press, 2010. 陈吉余, 夏东兴, 虞志英, 等. 中国海岸侵蚀概要[M]. 北京: 海洋出版社, 2010.

Analysis of the Spatial and Temporal Changes of the Coastline in the Haizhou Bay During the Past 40 Years

CHEN Xiao-ying, ZHANG Jie, MA Yi

(*The First Institute of Oceanography, SOA, Qingdao 266061, China*)

Abstract: Satellite images of Landsat MSS, TM, ETM+ and HJ-1A CCD1 were used to extract the changes in the coastline and land use type in the Haizhou Bay during the past 40 years from 1973 to 2013. On this basis, the characteristics of the spatial and temporal changes in the coastline and the coastal zone utilization were analyzed. The length and type of the coastline in the study area was found to have changed significantly over the past decades, characterized by the increase in the coastline length and the decrease in the area of the Haizhou Bay. The artificial coastline was the dominant type in the study area; The land area showed a net increase of 65.54 km² during the recent 40 years due to the coastline moving towards the sea. The changes were uneven in space and time, with the major ones occurring in areas of the Lanshan Port, from Xiuzhen estuary to Zhewang estuary, from the Xingzhuang estuary to the Xishu, and the Lianyungang port. During 2010 and 2013, the changes was found to be most significant, with a rate of 122.9 m/a, as a result of urban expansion. The development and utilization by the human being was regarded as the primary factor accounting for the changes in the coastline of the Haizhou Bay. And the development and utilization pattern also showed significant temporal variability. The salt industry and aquaculture were dominant in the early stage, whereas the port construction increased significantly from 1980s. And in the new century, the reclamation for urban construction expanded substantially, and had become the primary way in the coastal zone development in the study area.

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

Received: November 18, 2013