

台州湾30 a来大陆海岸线变迁 及驱动力分析*

黄承力^{1,2}, 潘国富^{1,2}, 陈培雄^{1,2}

(1. 国家海洋局 第二海洋研究所, 浙江 杭州 310012;

2. 工程海洋学重点实验室, 浙江 杭州 310012)

摘要:利用6期卫星影像数据,提取出1981—2014年间不同时期台州湾大陆海岸线空间位置、长度及岸线属性等信息。通过Arcgis空间分析,以各时期岸线长度、岸线属性和陆域增长面积为数量指标对海岸线的时空变迁过程进行反演,并对台州湾大陆岸线变迁的特点和主要驱动力进行分析。研究表明,研究期台州湾大陆岸线变化显著,岸线长度增加17.5 km,增幅约13.5%,受围垦工程“裁弯取直”效应影响,人工岸线在2000—2009年大幅减少,呈震荡增长趋势;自然岸线长度整体呈缓慢减少趋势,然而,由于大规模连岛围垦工程使得自然岸线在2009—2014年增长10.8 km。由岸线变迁引起的陆域增长面积约177 km²,海岸变迁的主要驱动力为台州湾海域大规模的围垦造陆工程。长期以来,以滩涂及近海优良自然条件为依托进行的围垦填海工程是台州湾岸线逐年向海推进的主导因素。

关键词:台州湾;岸线变迁;GIS空间分析;围垦造陆

中图分类号: P237;P737.1 **文献标识码:** A **doi:** 10.3969/j.issn.1002-3682.2015.04.001

海岸带拥有丰富的自然资源,集陆、海两类经济荟萃,是社会经济中的“黄金地带”。世界各个发达国家都非常重视海岸带的开发管理和研究工作。在全球海平面上升的自然条件及大量的围垦、填海造陆工程等人类活动影响下,海岸线不断发生变化。快速而又准确地掌握海岸线的动态变化,对合理开发利用海岸带资源有着至关重要的现实意义。相对于传统的实地调查,遥感技术以其强大的数据获取能力,在海岸线调查中具有突出的优势。应用遥感影像对海岸线变迁进行研究,国内已有较多成功的先例。朱高儒等以1974—2010年逐年的卫星影像,结合GIS技术分析了渤海湾填海造陆的动态空间分布和数量变化特征^[1]。孙晓宇等通过多期遥感数据,提取出不同时期渤海湾岸线信息,对渤海湾岸线时空变迁变化进行定量反演及其驱动力和影响分析^[2]。陆晓燕等利用2000—2009年多个时相的遥感影像对江苏盐城-南通段海岸线变迁进行连续监测,获取了海岸线变迁及滩涂围垦变化信息^[3]。

* 收稿日期:2015-06-03

资助项目:浙江省自然科学基金项目——海岛地区生活垃圾可持续性填埋关键问题的基础研究(LY13D060003)

作者简介:黄承力(1991-),男,硕士研究生,主要从事河口近岸水动力机制及海岸带环境方面研究。E-mail: hchengl@mail2.sysu.edu.cn

(王 燕 编辑)

台州湾潮滩面积宽广平缓,泥沙来源充沛,沿岸以淤涨型岸滩为主,拥有十分丰富的滩涂资源,开发利用台州湾滩涂资源成为发展台州经济的新引擎。近年来,大量围垦、填海造陆、港口工程的实施,使得台州湾自然岸线发生了剧烈变化,岸线形态的变化将会引起海湾系统水环境和水动力等适应性调整。前人对台州湾作过大量的研究,取得了不少的科研成果;然而,对台州湾及其附近海域进行岸线变迁分析,探讨岸线属性及空间位置变化,尤其是人类活动干扰较大的 30 a 的变化,仍然缺乏全面系统的研究。

本文利用 Landsat TM/ETM 传感器遥感影像数据,提取出 1981—2014 年台州湾及附近海域大陆岸线变化信息,结合地理信息系统的分析方法,反演了海岸线变迁过程,并对海岸线属性和空间位置变化进行统计分析,揭示了海岸线变迁的特点、驱动力及其影响。对于台州湾滩涂资源的合理开发应用、生态环境的可持续发展等方面均有较强的现实意义。

1 研究区域概况

台州湾位于浙江中部沿海,隶属台州市,包括临海、椒江、路桥、温岭四个市(区),地理坐标为(121°27′00″~121°54′30″E,28°20′57″~28°47′21″N)。台州湾为椒江河口湾,北邻浦坝港,南接隘顽湾,外有东矾列岛、台州列岛为屏障。台州湾海岸属于淤泥质或人工海岸,潮滩资源十分丰富。近几十年来,台州市大力发展海洋经济,大型的围填海工程有北洋围涂、南洋围涂、台州浅滩围涂、大港湾围涂工程以及头门深水港区建设工程等。根据浙江省滩涂围垦总体规划,台州市于 2005—2015 年间规划围垦面积达 233.4 km²,中长期规划(2015—2030 年)围垦面积将新增 49.03 万亩,约 326.86 km²^①,这势必对台州湾海域原有的自然岸线造成巨大变化。为了全面系统地分析台州湾海域岸线变迁,研究范围北起浦坝港南端的小门山,向南至松门港附近,其中椒江口区域以海门为河海分界线。

2 数据来源及研究方法

2.1 数据来源

本研究采用的数据来源于中国科学院计算机网络信息中心国际科学数据镜像网站(<http://datamirror.csdb.cn>),选取 1981—2014 年共 13 景完全覆盖台州湾海域的 Landsat MSS/TM 遥感影像图,利用 Arcgis 软件的地理分析功能,将遥感图像进行校准并统一转换为 WGS84 坐标系,提取出有效的岸线信息;其中部分数据受接收质量及云雾因素等影响,无法进行岸线提取。

2.2 研究方法

主要基于 Envi 软件对原始遥感图像进行预处理及在支持下进行岸线提取分析,其流程图如图 1 所示。所有遥感数据均进行几何校正、色彩拉伸和波段 RGB 合成处理,其中,对 MSS 影像选取 3,4,2 波段组合,对 TM 影像选取 5,4,3 波段组合,组合后的假彩色接近自然色彩,有利于岸线的解译。在人类活动影响下,台州湾海域大陆岸线从以淤泥质海

^①浙江省发展与改革委员会办公室,浙发改规划[2006]234 号浙江省滩涂围垦总体规划(2005~2020 年). 杭州, 2006-04-06.

岸、基岩海岸为主过渡为以人工海岸、基岩海岸为主。人工海岸是由水泥和石块构筑的,在遥感图上反映为具有较高的光谱反射率,这与低反射率的海水有着明显的区分,容易识别^[4]。因此,通过目视解译的方法提取台州湾海域岸线是可行的。利用多年平均大潮高潮时水边界线所具备的影像特征,以及遥感影像上人工海岸的明显区别,对 1981 年以来各期台州湾海岸线进行提取和分类,并通过对各类岸线数量和空间信息进行统计分析的方法获取岸线变迁的信息。基于 Arcgis 10.0 的空间分析功能,获取各时期岸线变化发生的区域和强度,从而对引起岸线变迁的主要驱动力进行分析。

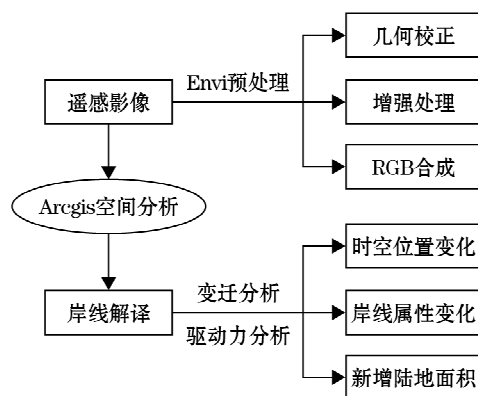


图 1 研究方法流程图

Fig. 1 The flow chart of research method

3 结果与分析

3.1 1981—2014 年台州湾岸线变迁

通过上述方法提取出台州湾海域近 30 a 来,包括 1981,1988,1995,2000,2009 和 2015 年共 6 个时期的岸线(图 2)。由图 2 可以看出,1981—2014 年台州湾海域岸线具有明显的变化,岸线不断向海域推进,且具有跨越式突变特征,受人类活动影响明显。

3.2 岸线长度及属性变化

由图 3 可见,研究期间内台州湾岸线总长度整体呈现增长趋势,按变化趋势可分为 4 个阶段:1)1981—1995 年:该阶段是一个岸线缓慢增长阶段,在这个时期,岸线总长度从 1981 年的 129.5 km 增长为 1995 年的 134.2 km,岸线增长缓慢。2)1995—2000 年:该阶段为岸线快速增长阶段,5 a 内岸线增长了 12.6 km,增幅约为过去 15 a 间的 3 倍。在这一时期,岸线属性也有较大变化,人工岸线快速增长,同时,岸线属性也有较明显的变化,自然岸线相对于过去 15 a 间有明显的减少。3)2000—2009 年:该阶段是一个岸线减少的特殊时期,自然岸线只有小幅的减少,而人工岸线有明显的变化。因此,岸线总长的减少主要是由人工岸线的变化引起的。通过影像资料和岸线数据分析看出,2000—2009 年台州湾海域沿岸多个凹入的曲折岸线由于围垦工程的扩张而使得岸线变得相对平直,一系列围垦工程的“裁弯取直”效应,直接导致岸线总长锐减 18.3 km,其中较大的围垦工程有北洋围涂工程、南洋围涂工程、十一塘围涂工程、三山涂围垦工程和东海塘围涂工程(图

4)。4)2009—2014年,该时期岸线开始新一轮的增长,大陆人工岸线、大陆自然岸线均有较大的增长,岸线总长度增长 18.8 km,其中人工岸线增长 7.8 km,自然岸线增长达 10.8 km,这主要是因为台州湾南部的黄礁涂围垦工程将原本离岸的多个岛屿连接,在增加人工岸线的同时大幅增加了自然岸线。如图 5 所示,这种连岛围垦工程直接引起人工岸线和自然岸线的增长,是人类活动影响下岸线变迁的一种特殊模式。

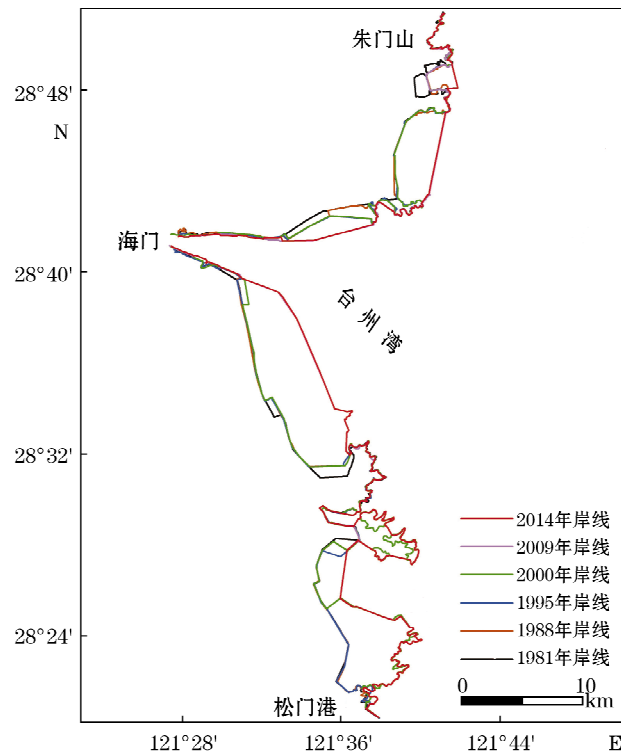


图 2 不同时期台州湾岸线

Fig. 2 Coastline of the Taizhou Bay in different periods

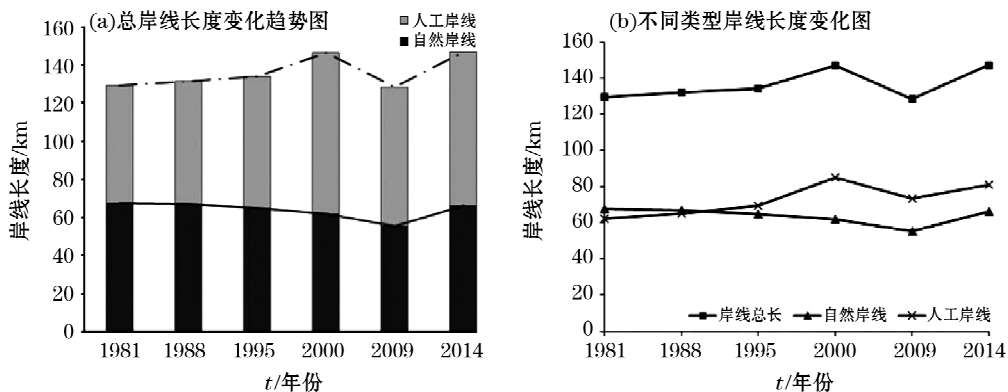


图 3 台州湾岸线长度变化

Fig. 3 Changes in the length of the coastline of the Taizhou bay

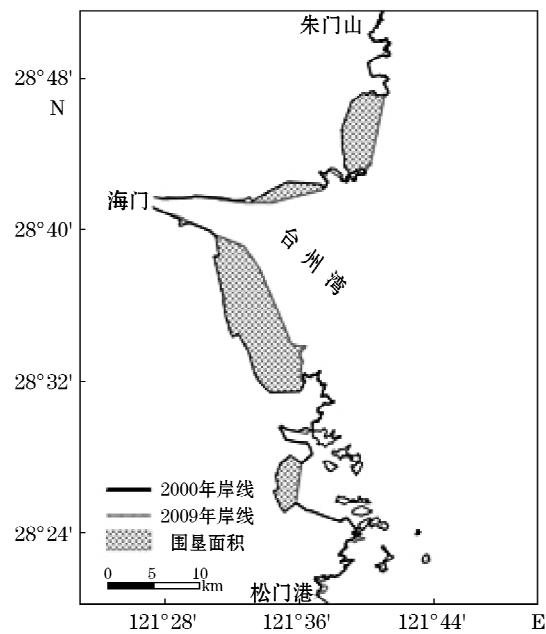


图 4 2000—2009 年大型围垦工程

Fig. 4 Large-scaled reclamation projects from 2000 to 2009

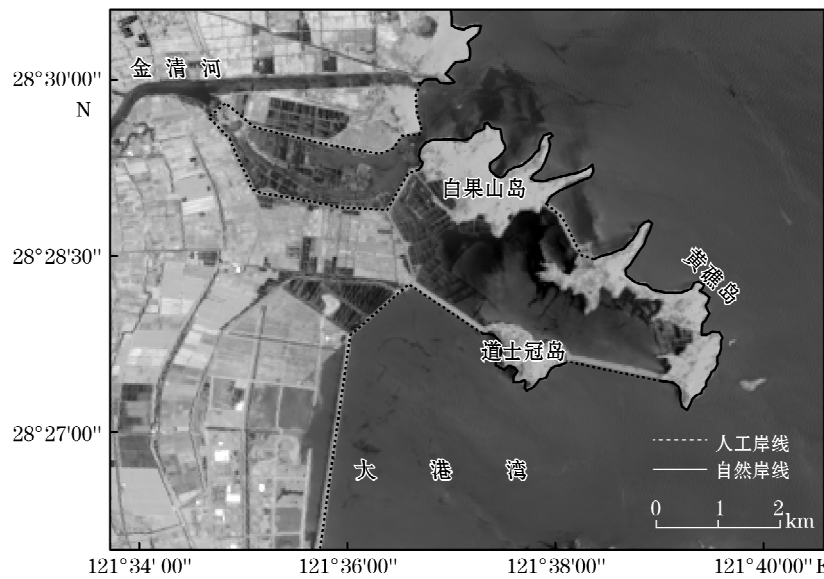


图 5 黄礁涂连岛围垦工程

Fig. 5 The Huangjiaotu island reclamation project

从岸线属性的变化来看,自然岸线在 1981—1995 年保持相对稳定状态,呈缓慢减少趋势。在此阶段人工岸线变化也不明显,说明人类活动干扰程度较低,围垦填海工程对岸线变化的影响很小。岸线的变化主要是由海湾自然冲淤演变及少部分的河道疏淤、岸线整治引起的。1995—2009 年间,自然岸线呈加速减少的态势,14 a 间自然岸线减少 9.5

km;同时,人工岸线也发生了剧烈变化,先是大幅度的增加,随后又突然减少,说明这 15 a 间人类活动的干扰是引起这一阶段岸线变化的主要因素,自然岸线的减少是由于大量的围垦工程引起的。2009—2014 年大陆自然岸线突然出现较大幅度的增长,人工岸线也出现相当幅度的增加,通过资料分析,这是由台州湾南部大型的连岛围垦工程引起的。从人工岸线及自然岸线的演变趋势来看,人工岸线长度变化趋势与岸线总长度变化趋势具有较高程度的相似,因此,台州湾岸线变迁主要是受人类活动影响的,大面积的围垦填海工程是引起台州湾岸线变迁的主要驱动力。以台州湾岸线变化主要驱动力大小,即受围垦填海工程影响的程度大小来划分,可以将岸线变迁分为 2 个阶段:1)1981—1995 年:该阶段围垦工程规模较小,岸线变化不明显,岸线处于自然演变状态,15 a 间岸线总长仅增长 4.6 km;2)1995—2014 年:台州湾沿岸开展了多处大规模的围垦填海工程,包括北洋涂围垦、十一塘围垦、三山北涂围垦、三山涂围垦、黄礁涂围垦和东海塘围垦工程等浙江省重点工程项目,岸线长度及岸线属性发生了剧烈的变化,岸线的空间位置和形态也有非常大的改变,岸线形态经历了相对曲折—平直化—再次曲折化三个过程,岸线长度总变化幅度达 49.5 km,是过去 15 a 间增长幅度的 10.6 倍。可见,在较短的时期,人类活动干扰如围垦填海工程是驱动台州湾岸线演变的主导因素,其在短期内对岸线的重新塑造能力是自然环境演变所无法企及的。

3.3 围填海新增陆地面积变化

由图 6 可见,台州湾沿岸由于岸线的变迁,陆域面积也逐年的增长,1981—2014 年累积净增长面积达到 177.01 km²。其中,对应岸线变化最剧烈,围填海工程规模最大的 2000—2009 年间,陆域面积增长幅度最大,达到 108.08 km²,占 30 多 a 来陆域面积增长的 61%;1988—1995 年期间,陆域面积变化最小,新增面积仅有 5.93 km²,约占整个研究期间陆域面积变化的 3.3%。从提取出的陆域面积增长空间分布来看,陆域面积的增长主要由围垦工程造陆引起,陆域面积增长幅度是完全与围垦工程规模的大小相同步的;而其他自然因素如岸线淤涨却影响甚微。

填海造陆面积是人类活动对岸线变迁影响的直观反映,从新增陆域面积的空间分布情况(图 7)来看,围垦工程主要是利用岸线原有的自然条件,因地制宜进行开发,占用对象包括淤涨中的滩涂、离岸较近的岛屿等。因此,在研究范围内围垦工程分布较为零散,聚集效应较差,并呈现阶段性开发的特征。1981—1995 年新增陆域面积呈现出零星的块状分布,说明围垦填海工程处于初步阶段,规模较小,也没有明显的区域性聚集开发,陆域面积年增长率在 1.42 km² 左右。1995—2009 年新增陆域面积迅猛增长,从图 7 可以看出,在这 14 a 间台州湾沿岸出现了多个大规模的围填海工程,对原来的岸线形态产生了剧烈的冲击,岸线开始向外海凸出。这些工程都是在原来的小规模围垦工程基础上进行的大规模扩张开发,新增陆域面积达 142.3 km²,围垦速率为 10.16 km²/a,达 1981—1995 年期间增长速率的 7 倍。2009 年至今,新增陆域面积大幅减小,较大规模的围垦工程只有南部的黄礁涂连岛围垦工程,新增陆域面积为 15.62 km²,围垦速率 3.12 km²/a,呈现大幅放缓的趋势,说明经过前期爆发性的增长,围垦面积已经达到一个相对饱和状态,新的增长点减小,围垦进程到了修养阶段,总体上符合围垦—修养—再围垦的开发模式。整个海岸带新增陆域面积的变化与区域内的围垦填海工程是紧密联系的,且新增陆

域面积形态呈现出相对规则的块状,具有十分明显的人类活动干扰特征。因此,围垦填海工程是引起台州湾近 30 a 陆域面积大幅增长的主要驱动力,其增长的速率和空间形态基本上是由沿岸的大规模围垦填海工程决定的。

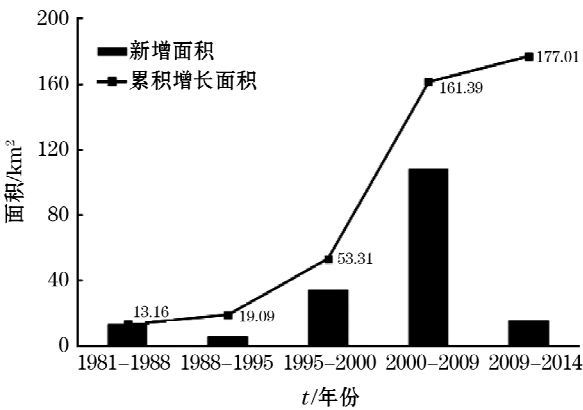


图 6 台州湾沿岸陆域面积增长变化

Fig. 6 Increase of land area along the coast of the Taizhou Bay

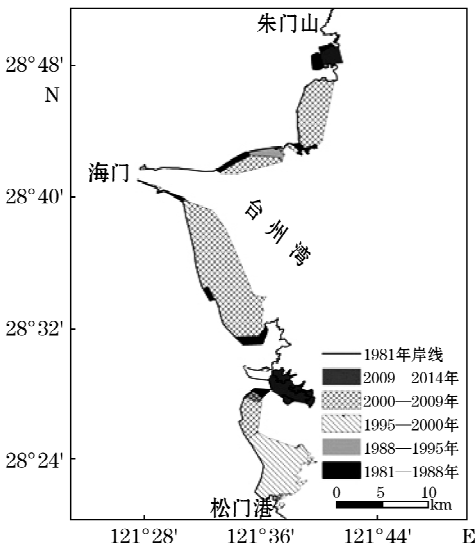


图 7 台州湾 1981—2014 年沿岸陆域面积变化

Fig. 7 Changes of land area along the coast of the Taizhou Bay from 1981 to 2014

3.4 研究区岸线变迁及围垦造陆特点分析

从对台州湾海域岸线长度、岸线属性和新增的陆域面积变化分析可知,人类活动主要是指沿岸开展的各种规模的围垦填海工程,是引起该区域岸线变迁的主要驱动力。同时,海岸线长度、新增面积的特征及变化也很好地反映了围填海工程的强度和方式以及开发特点。

首先,从研究区 1981—2014 年期间岸线变迁及新增陆域面积变化来看,与其他一些海域岸线受填海造陆工程的影响不同。自然岸线、人工岸线及岸线总长度并非单一的减少或增长,而是出现增长与减少相交替,并且震荡幅度较大的一种变化趋势。这与台州湾自身的自然环境条件和围垦填海工程的开发模式是密不可分的。台州湾海域大部分属于淤泥质海岸,泥沙来源丰富,在研究期间基本处于淤涨状态,为沿岸的围垦工程提供了十分有利的条件。因此,研究区域从北至南都有各种规模的围垦造陆工程,开发活动频繁,岸线出现整体向海推进的特点。台州湾沿岸分布着众多岸线向陆凹进的“小港湾”,如椒江口北岸的北洋涂和南洋涂,南岸的台州浅滩以及大港湾等。较大规模的围垦造陆工程都集中在这类内凹的海域,而由于“裁弯取直”效应,虽然新增围垦面积大大增长,但岸线长度却往往没有很明显的增长,甚至出现岸线长度减少的现象,例如图 6 中 2000—2009 年新增陆域面积大幅上升,岸线长度却减少。

其次,研究区域内开发的围垦填海工程目的是增加土地面积,前期用途集中于盐田和水产养殖以及农业生产用地,后期则部分作为工业园区规划用地,这与港口建设所需要的曲折的岸线不同。基于用地的需求,所采取的围填方式是整体推进,在较平直的海岸对岸线长度的影响并不会太大。因此,在研究范围内虽然在 1981—2014 年新增陆域面积达 177.01 km^2 ,但岸线总长度仅增长了 17.5 km 。另外,研究区在 2009—2014 年期间出现了岸线总长度、人工岸线长度及自然岸线长度都明显增加的现象,这也是台州湾岸线变迁过程比较特殊一点,原因是大规模的连岛围垦工程使得原本在人类活动影响下日趋减少的大陆自然岸线出现了突然增加的现象,这在其他海湾的岸线演变过程中是很少见的。

4 结 语

利用 6 期 1981—2014 年的卫星影像为主要数据源,通过 Arcgis 地理空间分析功能,掌握了台州湾海域 30 a 来岸线的时空变化信息,并快速识别出新增陆域的空间分布与数量变化特征。可以看出,利用不同时期高分辨率遥感影像能够满足准确、快速检测海岸线变化的要求。对台州湾海域岸线长度、岸线属性及新增陆域面积数量变化特征进行分析,发现其具有明显的阶段性变化特点并存在明显人为影响因素,大规模的围垦造陆工程是台州湾海域 30 a 来岸线变迁的主要驱动力。

1)台州湾及附近海域 1981—2014 年岸线变化显著,岸线长度增长 17.5 km ,新增陆域面积 177.01 km^2 ,相当于岸线整体向海推进 1.36 km ,人工岸线及总岸线长度总体上呈增长趋势,自然岸线则总体处于减少的状态。然而,受围垦造陆工程的规模和特征影响,岸线变迁出现增长与减少相交替且震荡幅度较大的变化趋势;在凹岸的围垦工程由于“裁弯取直”效应,岸线长度会出现减少,而大规模的连岛围垦工程则使得大陆自然岸线出现突然的增长,这些都是在人类活动影响下岸线变迁的特殊模式。

2)填海造陆面积是人类活动对岸线变迁影响的直观反映,从研究区域新增陆域面积的空间分布情况来看,研究区内围垦工程主要是利用岸线原有的自然条件,因地制宜进行开发,占用对象包括淤涨中的滩涂、离岸较近的岛屿等。因此,在研究范围内围垦工程分布较为零散,聚集效应较差,并呈现阶段性开发的特征。岸线形态经历了从相对曲折—平直化—再次曲折化三个过程,围垦开发符合围垦—修养—再围垦的开发模式。

随着台州湾沿岸经济的纵向发展,滩涂及近岸海域的利用率将不断增加,原本动态平衡的海湾自然生态系统在新的岸线作用下势必将发生改变,海洋环境也将迎接更大的挑战。因此,实时监控海岸线的发展动态,合理规划和开发利用海洋资源是实现台州湾海洋环境科学可持续发展的重要保障。

参考文献:

- [1] 朱高儒. 渤海湾西北岸 1974~2010 年逐年填海造陆进程分析[J]. 地理科学, 2012, 32(8): 1006-1011.
- [2] 孙晓宇. 2000~2010 年渤海湾岸线变迁及驱动力分析[J]. 资源科学, 2014, 36(2): 413-419.
- [3] 陆小燕. 2000~2009 年江苏沿海海岸线变迁与滩涂围垦分析[J]. 地理空间信息, 2012, 10(5): 57-59.
- [4] 马小峰. 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.

Coastline Change of the Taizhou Bay and Its Driving Force Over the Last 30 Years

HUANG Cheng-li, PAN Guo-fu, CHEN Pei-xiong

(1. *The Second Institute of Oceanography, SOA, Hangzhou 310012, China;*

2. *Laboratory of Ocean Engineering, Hangzhou 310012, China)*

Abstract: Six satellite image data are used to extract the information about spatial location, length and property of the coastline of the Taizhou Bay over different periods from 1981 to 2014. By taking the coastline length and property and the expanded land area in each period as the quantitative indices of evaluation and through Arcgis spatial analysis, the temporal and spatial changes of the coastline of the bay are inversed and the characteristics of the coastline changes and the main driving force are analyzed. The results show that during the study periods the coastline of the Taizhou Bay changed significantly, with the total coastline length increasing by 17.5 km, a growth of about 13.5%. Under the influence of "shortcutting" effect of reclamation projects, the artificial coastline reduced significantly from 2000 to 2009 and showed an oscillated growth trend, and the length of the natural coastline showed generally a slow decrease trend. However, the large-scaled island-linking reclamation projects made the natural coastline increase 10.8 km from 2009 to 2014. The increase of land area caused by the coastline changes was about 177 km². The large-scaled reclamation projects carried out in the area of the Taizhou Bay were the main driving force of pushing the coastline change. The reclamation project which relied on the excellent natural conditions in the beaches and offshore area was the leading factor of pushing the coastline of the Taizhou Bay seaward in the past years.

Key words: Taizhou Bay; coastline change; GIS spatial analysis; reclamation project