

近15年洞头五岛海岸线时空变化分析

郭芬芬¹, 胡涛骏¹, 应元康¹, 潘国富¹, 刘彬²

(1. 自然资源部第二海洋研究所 杭州 310012; 2. 洞头区海洋与渔业发展研究中心 温州 325700)

摘要:洞头五岛相连工程连接的5个海岛的变化是洞头区发展的缩影,2002—2017年洞头五岛形态处于快速发展阶段。文章收集了2002年、2010年和2017年3期Landsat系列卫星影像,结合2010年、2014年两期0.5 m分辨率DOM和2017年实地调查数据,采用RS和GIS技术提取3个时相海岛岸线,并分析了其15年来的时空变化特征。研究表明:2002—2017年海岛不断外扩,五岛面积增加约1 290.8 hm²;岸线日趋平直,平均曲折度由2.7变化为2.2,长度减少约12 692 m;自然岸线和人工岸线此消彼长,自然岸线保有率由90.3%降低到54.2%,新增人工岸线长约41 927 m,类型以道路和海堤为主;2002—2010年海岛形态及岸线人工化速率较2010—2017年快;岸线外推区内土地利用率不断提高,填筑形成的土地逐渐转化为建筑物、交通用地、人工绿化用地和水系等城市设施。

关键词:岸线变化;岸线曲折度;围填海;土地覆被;洞头区

中图分类号:P741

文献标志码:A

文章编号:1005-9857(2019)07-0025-06

Analysis on the Spatial and Temporal Change of the Five Islands in Dongtou District from 2002 to 2017

GUO Fenfen¹, HU Taojun¹, YING Yuankang¹, PAN Guofu¹, LIU Bin²

(1. Second Institute of Oceanography, MNR, Hangzhou 310012, China;

2. Oceanic and Fisheries Administration of Dongtou, Wenzhou 325700, China)

Abstract: The five islands in Dongtou district are in a stage of rapid development from 2002 to 2017. Remote sense images of Landsat TM, ETM+ and OLI in the year of 2002, 2010 and 2017, aerial photo with high-resolution in 2010 and 2014, field investigation data were processed to extract coastlines and landcover in the region formed by the coastlines of different phase based on RS and GIS technology. The results showed that: Affected by marine development activities, from 2002 to 2017 the five islands of Dongtou district had expanded outward at 6.4 m/a averagely, the area was increased by 1 290.8 hm², the length of coastline was reduced by 12 692 m, the average crooked degree of coastline reduced from 2.7 to 2.2. The area growth and coastline decrement of Dongtou were both the greatest in the five islands, the second was Zhuangyuanao; The natural

收稿日期:2019-01-03;修订日期:2019-06-19

作者简介:郭芬芬,工程师,研究方向为海岸带资源环境变化

通信作者:胡涛骏,高级工程师,硕士,研究方向为海洋开发利用评估

coastline ratio decreased from 90.3% to 54.3%, and the artificial coastline increased by 41 927 m from 2002 to 2017. The new artificial coastline was dominated by seawall and road, accounted for 15.4% and 13.8% respectively in 2017. The type of seawall were mainly distributed in Dongtou and Zhuangyuanao where had large reclamation project, road was distributed in each island and mainly in Niyu and Dongtou. There was 8.6% of the total coastline in 2017 still under construction; With the continuous development of the five islands, the rate of natural coastline development slowed. The shape change and coastline artificialization speed of the five islands of Dongtou in 2002—2010 were all higher than 2010—2017 in this study; The land use rate of the new area was increasing and the land formed by reclamation projects was gradually transformed into urban facilities such as building, road, greening area and water from 2002 to 2017. The land-cover change matrix between 2010 and 2017 for the region formed by coastline extrapolation from 2002 to 2010 showed that the landcover area of road, harbour, building and green area in the same area were more and more. The focus of local construction was shifted from land expansion to urban construction. By 2017, the road and water system had been basically formed in the reclamation region excepting southern of Zhuangyuanao.

Key words: Coastline change, Curvature of shoreline, Reclamation, Landcover, Dongtou district

0 引言

海岸线处于海陆界面的交汇处,不仅是海陆的分界线,还载负着丰富的环境信息,对海平面升降、新构造运动、沿海滩涂、湿地生态系统及近岸海洋环境等有着重要的指示意义,其变化将直接影响海岛地区的气候和生存环境^[1]。随着海岛经济日益增长、人口急剧膨胀及对海岛地表资源需求的增加,导致海岛地区海岸线受人类经济活动的影响越来越大^[2]。开展海岛岸线历史变迁尤其是在近几十年人类活动影响增强情况下的变化研究,可以了解自然环境与人类活动影响下的海岸线演变特征,为海岸乃至整个海岛的保护与合理开发提供科学依据^[3]。

洞头区隶属于浙江省温州市,有百岛洞头之称,是中国最美休闲度假胜地之一^[4]。2002年竣工的洞头五岛相连工程使得洞头五岛(按面积大小排列:洞头岛、霓屿岛、状元岙岛、大三盘岛和花岗岛)进入快速发展时期。隋玉正^[5]研究表明在2004—2010年洞头填海造地增加的面积主要集中在洞头岛、状元岙岛和霓屿岛,其他有人岛填海造地面积增加较少。2017年受国家政策影响,国家严格收紧围填海开发,预示着高强度的海洋开发将告一

段落^[6]。

1 数据与方法

1.1 影像数据及预处理

本研究采用的2002年(2002年12月13日),2010年(2012年12月27日)和2017年(2017年10月27日)的Landsat TM、ETM+和OLI影像源自中国科学院遥感与数字地球研究所的遥感数据共享平台(<http://ids.ceode.ac.cn>)。2010年和2014年两期0.5 m分辨率的DOM(1:1万标准分幅形式存储)源自浙江省测绘与地理信息局。对Landsat系列数据的多光谱和全色波段采用ENVI软件自带的HSV方式融合为15 m分辨率的真彩色影像并进行研究区裁剪后,以DOM为基准影像进行几何精校正^[7]。

本研究通过人工目视解译的方法参照辅助资料提取3期海岛岸线及岸线外推区土地覆被数据。参照的辅助资料包括2017年洞头区海岛岸线调查成果、研究区海图、行政区划图、地方志等资料以及实地调查资料。本研究提取的数据采用CGCS2000坐标系统,投影方式为高斯投影,中央经线为123度。

1.2 海岸线信息数据提取

本研究中岸线类型划分为人工岸线和自然岸

线两大类,其中人工岸线细分为船坞、道路、海堤(包含防潮闸、简易挡浪墙等)、码头和在建及破坏岸段,自然岸线不做细化区分。2017 年洞头区海岛岸线调查成果中岸线类型分为 3 个一级类 11 个二级类^[8],本研究 2017 年海岛岸线数据由该成果经进行空间概括和属性合并而来。

岸线提取过程中为了保证前后两期海岸线中不变位置严格一致,避免基于不同空间分辨率和不同时相遥感影像进行海岸线动态提取时产生的“双眼皮”现象^[9]。本研究将 2017 年海岛岸线数据作为本底,2010 年的海岛岸线在 2017 年 0 海岛岸线数据的基础上参考了 2010 年 DOM,修改变化区域获取;2002 年岸线以 2010 年岸线为本底,依据 2002 年的融合影像和 1999 年海图,参考 2010 年 DOM 中历史岸线痕迹提取 2002 年岸线信息。

2017 年和 2010 年的人工岸线依据影像界定至规则的人工建筑最外侧(海堤的挡浪墙外缘,道路的向海侧一边,突堤式码头岸线界定至突堤根部),自然岸线界定至水痕迹线位置;2002 年岸线中较 2010 年的变化部分依据影像解译至水陆分界线位置。

1.3 岸线外推区土地覆被数据提取

岸线外推区内土地覆被情况反映了海岛形态变化的驱动力。参照《基础地理信息要素分类与代码》和《地理国情普查内容与指标》中基础地理要素的分类体系和标准,根据遥感影像的可解译情况以及研究区土地利用情况,将研究区土地覆被类型分为:建筑物、构筑物、交通用地、人工绿化用地、码头仓储用地、耕地、水体和未利用土地。

2002—2010 年间岸线摆动区的土地覆被依据 2010 年 DOM 经人工目视解译获取;2010—2017 年岸线摆动区的土地覆被类型依据 2014 年的 DOM,参考现势性较强的 google earth 影像(成像时间 2016 年 10 月 16 日),结合 2017 年野外调查资料提取。

1.4 海岛形态变化指标

扩展指数(E)是反映海岛面积扩展大小的指标,其计算原理为研究期末面积(S_j)与初期面积(S_i)之差与研究区初期面积(S_i)的比值^[2]。

$$E = (S_j - S_i) / S_i \quad (1)$$

岸线曲折度(C)是海岛形态的重要指标^[10]。海岸线的分形维数与海岸线的曲折程度存在互为正相关关系^[11],在大陆岸线形态研究中多采用分析维数分析岸线曲折度。不同于大陆岸线,海岛岸线是一个闭合曲线,围成海岛面。基于相同面积不同形状的图形中圆形对应的边长最短的原理,本研究以海岛岸线的长度(L)与等面积(S)的圆形的周长的比值作为衡量海岛岸线曲折度的指标。

$$C = L / (2\sqrt{\pi S}) \quad (2)$$

2 结果分析

2.1 海岛形态变化分析

研究结果显示 2002 年、2010 年和 2017 年研究区海岛总面积分别为 4 327.0 hm²、5 190.5 hm²和 5 617.7 hm²,海岸线长度分别为 132 639 m、124 884 m 和 119 944 m。近 15 年来洞头五岛以 6.4 m/a 的速度整体向外扩张,面积累计增加 1 290.8 hm²。其中 2002—2010 年面积增长 863.5 hm²,涉及外推岸段长约 33 453 m,外推速度为 31.8 m/a,最大推移距离约为 1.8 km;2010—2017 年面积增长 428.3 hm²,外推岸段总长约 29 964 m,外推速度为 20.4 m/a,最大推移距离约为 1.0 km,增速小于 2002—2010 年。

2002—2017 年大三盘岛、洞头岛、花岗岛、霓屿岛和状元岙岛的扩张指数依次为 2.6%、26.7%、0.6%、10.5%和 90.4%,面积变化依次为 4.3 hm²、658.8 hm²、0.2 hm²、114.1 hm²和 513.3 hm²。状元岙岛扩张度最大,洞头岛面积增加最大,花岗岛整体变化最小。海岛面积变化主要源于大型的围填海工程。据报道 2002—2010 年研究区实施了北岙后二期、状元南片围涂工程、杨文围涂、状元岙港区围垦等大型围填海工程。2010—2017 年实施了霓屿布袋岙围垦、状元岙港区围垦(第三期)和洞头环岛西片围涂。

不同于不断增加的海岛面积,2002—2017 年多个截弯取直的填海活动使得海岛岸线日趋平直化,岸线曲折度和长度整体上呈下降趋势。近 15 年来洞头五岛岸线总长减少了 12 692 m。2002—2010 年岸线减少速率为 969.4 m/a,2010—2017 年岸线减少速率为 705.78 m/a。图 1 为 5 个海岛的岸线

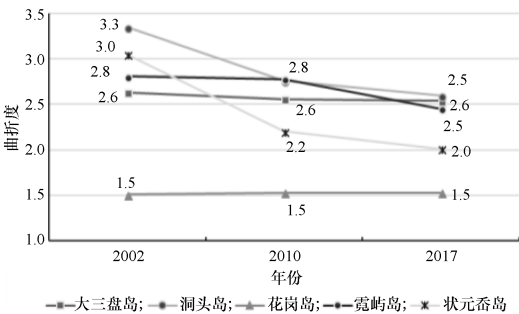


图1 洞头五岛岸线曲折度变化

曲折度变化折线图,近 15 年来海岛岸线平均曲折度由 2.7 减少至 2.2;其中状元岙岛岸线曲折度变化最大,由 3.0 降至 2.0,岸线长度减少 2 300 m,状元岙南侧长 3.8 km 的海堤近似直线;洞头岛岸线曲折度由 3.3 降至 2.6,岸线长度减少 7 484 m,洞头北侧平直海堤长度约为 6.5 km;霓屿岛 2002—

2010 年曲折度无明显变化,2010 年后曲折度由 2.8 降至 2.5,岸线长度减少 2 676 m;大三盘岛和花岗岛的岸线曲折度无明显变化。

2.2 岸线变化分析

2.2.1 自然岸线变化分析

表 1 为 3 个时相海岛岸线类型统计表。由表 1 可知,2002—2017 年洞头五岛自然岸线保有率呈现逐年降低的趋势。2002 年、2010 年和 2017 年研究区自然岸线长度分别为 119 727 m、89 153 m 和 65 108 m,占各期岸线总长分别为 90.3%、71.4%和 54.3%,自然岸线长度累计减少了 54 619 m。2002 年自然岸线在海岛各方位连续分布,人工岸线零星分布,2017 年自然岸线主要在状元岙岛东北部、霓屿岛的东南部、洞头岛的东北部和东南部分布。

表 1 海岛各类岸线长度 m

时相	海岛名称	人工岸线					自然岸线	总计
		船坞	道路	海堤	码头	施工及破坏岸线		
2002	洞头岛	0	1 379	3 099	2 722	0	51 741	58 941
	霓屿岛	0	0	1 141	88	509	31 042	32 780
	状元岙岛	0	2 999	0	386	0	22 350	25 735
	大三盘岛	0	0	125	203	0	11 828	12 156
	花岗岛	0	0	0	134	126	2 766	3 026
2010	洞头岛	293	1 196	5 427	4 860	986	39 694	52 456
	霓屿岛	0	1 897	1 489	1 219	4 665	23 441	32 711
	状元岙岛	0	433	4 343	1 703	3 409	14 797	24 685
	大三盘岛	0	1 032	369	1 631	0	8 918	11 950
	花岗岛	0	246	0	531	0	2 303	3 080
2017	洞头岛	568	5301	10 505	3 745	397	30 941	51 457
	霓屿岛	0	8 241	620	1 139	8 128	11 977	30 105
	状元岙岛	0	1 727	6 967	1 934	1 675	11 133	23 436
	大三盘岛	0	992	360	1 684	78	8 754	11 868
	花岗岛	0	246	0	531	0	2 303	3 080

各海岛自然岸线变化趋势与整体一致:洞头岛在 2002—2017 年自然岸线长度减少 20 800 m,自然岸线保有率由 87.8%将至 60.1%;霓屿岛自然岸线长度减少 19 065 m,自然岸线保有率由 94.7%降至 39.8%;状元岙岛自然岸线长度减少 11 217 m,自然岸线保有率由 86.8%降至 47.5%;大三盘岛自然岸线长度减少了 3 074 m,自然岸线保有率由

97.3%降至 73.8%。花岗岛自然岸线长度减少 463 m,自然岸线保有率由 91.4%降至 74.8%。整体来看,洞头岛自然岸线减少最多,霓屿岛自然岸线比例降幅最大,花岗岛自然岸线变化最小。

2.2.2 人工岸线变化分析

由表 1 可知,2002—2017 年洞头五岛人工岸线逐年增多,累计增加长度为 41 927 m,年均增长速

率为2 795.0 m/a。2002年的洞头五岛人工岸线总长约12 911 m,码头、海堤和道路3种类型总长相近,分别占岸线总长的2.7%、3.3%和3.3%,其中道路岸线主要分布在状元岙岛南侧,其他类型在各海岛零星分布。2010年人工岸线较2002年增长22 818 m,海堤和码头长度增长明显,占岸线总长的比重升至9.3%和8.0%,两者主要分布在洞头岛和状元岙岛南北两侧;在建及破坏岸线长度达9 060 m,占岸线总长的7.3%,主要受状元岙岛港口建设和霓屿岛南侧在建项目的影响;随着修造船业的发展出现了长293 m的船坞岸段;道路岸线占比微增至3.8%,但空间分布变化较大,原状元岙岛南侧的道路岸段被围入陆地,新增道路岸段位于霓屿岛北侧和大三盘岛南侧。2017年人工岸线较2010年增长19 109 m,增幅小于2002—2010年,其中海堤和道路类型岸线长度持续增加,分别占岸线总长的15.4%和13.8%,新增道路主要源于霓屿岛和洞头岛环岛公路的建设;此外,由于77省道延伸线和霓屿岛周边促淤工程的建设使得破坏和在建岸段长度达10 278 m,占岸线总长的8.6%。

洞头五岛人工岸线结构各异,2002—2017年霓屿岛岸线人工化现象最明显,人工岸线累计增加16 390 m,新增人工岸线以道路和在建及破坏岸线为主,分别占2017年该岛岸线总长的27.4%和27.0%。洞头岛人工岸线累计增加13 316 m,新增人工岸线主要为岛道路、海堤和码头,分别占2017年该岛岸线总长的10.3%、20.4%和7.3%。状元岙岛人工岸线累计增加了8 918 m,新增人工岸线主要为岛道路、海堤和码头,分别占2017年该岛岸线总长的7.4%、29.7%和8.3%。大三盘岛和花岗岛新增岸线类型主要为道路和码头,增加长度较小,且主要出现在2002—2010年。

2.3 岸线外推区土地覆被类型时空变化分析

本研究提取2002—2010年间岸线外推区土地覆被数据总面积为851.2 hm²。土地覆被类型中水体、未利用土地和构筑物占比依次为43.3%、45.4%和1.4%,主要分布在状元岙岛和洞头岛的围垦区内;交通用地占比1.7%,在各海岛均有分布,其中洞头岛稍多;码头仓储用地占比6.1%,在

各岛均有分布,其中状元岙岛面积最大;建筑物和人工绿化用地占比依次为2.0%和0.2%,零星地分布于洞头岛的围垦区内;此外,在洞头南侧围垦区内有少量耕地,占比不足0.1%。

2010—2017年岸线外推区面积为428.3 hm²,其中水体占比68.5%,主要位于洞头环岛西片围涂和状元岙港围垦区内;未利用土地占比16.7%,主要为以小片区的形式分布在各海岛填海区域内的空置地和霓屿岛北部77省道延伸线工程的施工场地;码头仓储用地占比2.4%,主要分布在状元岙岛的港区;建筑物占比5.3%,主要分布在霓屿布袋岙围垦区内;交通用地占比3.4%,主要分布在霓屿岛西侧、状元岙西北部和洞头东沙渔港内;构筑物占比3.7%,主要指新增围垦区外侧海堤。

2002—2010年岸线外推区的土地覆被类型在2010—2017年发生了变化,与2017年相对,2010年土地覆被类型中耕地、码头仓储用地和人工绿化用地未发生变化,构筑物和交通用地变化区域小于原面积的4%,主要变化类型为水体和未利用土地。2010—2017年,占水体面积88.8%的状元岙南片水体经造地工程转化为未利用地,2.6%的水体转化为多种覆被类型,分布于各填海区内。2010—2017年末利用土地中19.9%转化为建筑用地,9.5%转化为道路,4.6%转化为水体,4.2%转化为码头仓储用地,2.4%转化为绿化园地,2%转化耕地和构筑物,变化主要集中在大型填海区内。整体来看,岸线外推区以填海造地的开发方式为主,其次为围海养殖和港口建设。新形成的土地利用率在不断提高,填筑形成的土地逐渐转化为建筑物、道路、绿化和水系等城市设施。

截至2017年,近15年洞头五岛新增区域内未利用土地、水体、建筑物、码头仓储用地、交通用地、构筑物、人工绿化用地和耕地占比依次为48.4%、26.8%、9.2%、6.4%、5.5%、2.7%、0.9%和0.2%。除状元岙南片围垦区,已成陆的填海区内道路水系已基本成形,但普遍存在部分未利用土地和人工绿化用地较少的现象。

3 结论

2002—2017年受海洋开发活动的影响,洞头五

岛形态巨变,岸线日趋平直化。近 15 年洞头五岛面积累计增加 1 290.8 hm²,整体扩张速率为 6.4 m/a,岸线累计减少 12 692 m,岸线平均曲折度由 2.7 减少至 2.2。

相似的区位条件下,海岛岸线开发程度与海岛面积正相关。2002—2017 年洞头五岛中洞头岛面积和岸线变化最大,其次为霓屿岛和状元岙岛,面积较小的大三盘岛和花岗岛海岸线类型及空间位置变化较小。

2002—2017 年洞头五岛自然岸线和人工岸线此消彼长。自然岸线占比由 90.3%降至 54.3%,人工岸线累计增加 41 927 m,新增人工岸线以海堤和道路为主,占人工岸线的 63.7%。平直的人工岸线使得区域内岸线景观单一,旅游价值下降。此外,截至 2017 年岸线总长的 8.6%的岸段为在建或破坏岸段。

2002—2010 年洞头五岛面积的扩张速度、曲折度变化量,岸线人工化速度等指标皆高于 2010—2017 年。这一现象表明,随着人类对海岸带的持续开发,其开发潜力逐渐减少,开发速率呈变缓趋势。对于有限和宝贵的海岸线,应坚持保护优先、适度开发的原则,以保障海岸线资源的可持续利用。建议做好岸线规划,引导和控制海岸线开发利用方向,在保护和修复基础上进行开发,努力保留原生态海岸线。

岸线外推区开发利用方式以填海造地为主,其次为围海养殖和港口建设。2002—2010 年以围填海活动为主,2010—2017 年成陆区内土地利用率在

不断提高,土地覆被类型由未利用土地逐渐转化为建筑物、交通用地、人工绿化用地和水体等城市设施。截至 2017 年大型填海区内道路和河网已初步形成,但普遍存在部分未利用土地和绿化用地少的现象。建议在地方建设重点由土地扩张转化为城市建设的同时,优化城市规划,提高已填成陆区土地利用效率。

参考文献

[1] 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.

[2] 张立芳.海岛地表要素变化及其驱动力分析[D].泰安:山东农业大学,2015.

[3] 刘毅飞,蔡廷禄,廖甜,等.近 40 余年来福建海坛岛岸线变迁[J].海洋开发与管理,2016,33(10):13—16.

[4] 薛钊.海外桃源别有天:百岛洞头[J].海洋世界,2014(8):28—31.

[5] 隋玉正.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.

[6] 刘诗瑶.我国出台最严围填海管控措施[N].人民日报,2018—01—18(9).

[7] 邓书斌.ENVI 遥感图像处理方法[M].北京:高等教育出版社,2014.

[8] 浙江省海洋与渔业局.浙江省海岛岸线调查技术导则(试行)[Z].2016.

[9] 徐进勇,张增祥,赵晓丽,等.2000—2012 年中国北方海岸线时空变化分析[J].地理学报,2013,68(5):651—660.

[10] 张云,张建丽,景昕蒂,等.近 20a 来我国海岸线曲折度变化分析[J].海洋环境科学,2015(1):76—80.

[11] 马小峰,邹亚荣,刘善伟.基于分形维数理论的海岸线遥感分类与变迁研究[J].海洋开发与管理,2015,32(1):30—33.