

岛群围填海过程中岸线与植被变化特征初步探究 ——以舟山石化基地为例

徐中昌^{1,2}, 徐 韧³, 张正龙², 李志恩²

(1.上海海洋大学 海洋科学学院,上海 201306; 2.国家海洋局东海环境监测中心,上海 201206; 3.中国极地研究中心,上海 200236)

摘 要:通过遥感 (RS) 结合地理信息系统 (GIS) 的方法,解译舟山石化基地工程所在区域 7 个时期卫星遥感影像。结合收集相关资料和登岛实地调查,提取并分析了舟山石化基地建设不同时期岸线变迁和植被分布变化情况。研究表明:近 3 a 内,舟山石化基地工程所涉及岛群自然岸线减少 21.335 km,占原自然岸线的 75.4%;岛群植被减少 3.537 km²,占原岛群植被面积的 74.0%。岛群变化大体划分为大鱼山主岛开发、大小鱼山连岛过程、岛群整体围填和岛群向东扩张围填四个阶段。前三阶段岛群自然岸线快速减少,人工岸线快速增加,第四阶段自然岸线缓慢减少,人工岸线速冲高回落;岛群植被在前两阶段快速减少,后两阶段减少较慢;上述特征主要与工程施工过程有关。由于工程开发严重影响了岛群原有生态环境,建议海岛管理部门在岛群开发中应做好生态保护与修复工作。

关键词:岛群; 海岛开发; 岸线; 植被

中图分类号: 文献标识码:A 文章编号:1007-6336(\$article_year)00-0001-07

Preliminary study on characteristics of coastline and vegetation changes during island group reclamation——taking Zhoushan Petrochemical Base as an example

XU Zhong-chang^{1,2}, XU Ren³, ZHANG Zheng-long², LI Zhi-en²

(1.College of Marine Science, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China; 2.East China Sea Environmental Monitoring Center of State Oceanic Administration, Shanghai 201206; 3.Polar Research Institute of China, Shanghai 200136, China)

Abstract: The study interpreted seven temporal satellite remote sensing images of Zhoushan Petrochemical Base project area, Combined the collection of relevant information and the field survey of landing on the island, extracted and analyzed the changes of coastline and vegetation distribution in different periods of Zhoushan petrochemical base construction through remote sensing (RS) and geographic information system (GIS). The results show that natural shoreline of island group reduced by 21.335 km in Zhoushan Petrochemical Base Project which accounts for 75.4% of the original natural coastline. Vegetation of island group reduced by 3.537 km² which accounts for 74.0% of the vegetation area of the original island group in the past three years. The change of island group can be divided into four stages: the development of main island Dayushan, the process of connecting Dayushan Island and Xiaoyushan Island, the island group enclosed as a whole and enclosure period of island group expansion. In the first three stages, the natural shoreline of island group decreased

收稿日期:2019-01-19, 修订日期:2019-05-16

基金项目:海洋生态灾害重点实验室“海岛生态综合评价、防控关键技术研究与应用示范”项目;国家海洋局东海分局青年海洋科学基金项目“景观格局下的海岛空间开发遥感监测与评估研究——以大鱼山为例”(201701)

作者简介:徐中昌(1992-),男,安徽淮南人,硕士研究生,主要研究方向为海岛生态环境, E-mail: 1119201323@qq.com

通讯作者:徐 韧, E-mail: xrhyp@ecs.mnr.gov.cn

rapidly, the artificial shoreline increased rapidly. In the fourth stage, the natural shoreline decreased slowly, and the artificial shoreline rushed up and fell back quickly. The vegetation of the island group decreased rapidly in the first two stages and slowly in the latter two stages. The above characteristics are mainly related to the process of the project construction. It is suggested that the island management department should do a good job in ecological protection and restoration in the development of the island group because of the serious influence to the original ecological environment of the island group created by the project development.

Key words: island group; island development; coastline; vegetation

岛群一般指在一定海域范围内集中两个以上的岛屿,大规模的岛屿群称作“群岛”或“诸岛”。国外对岛群的研究多集中于岛群经济开发,岛群生态环境开发评价,岛群地质构造及历史变迁过程。如 FERY 对吉利马特拉群岛发展旅游经济的环境脆弱性评价^[1],SUNG 探讨建立与韩国岛区发展相关的政策任务的战略方法^[2],PAUL 研究了新乔治亚岛群中部的垂直构造历史^[3],Sanjeev K. Sohee 等学者的关注重点了海岛渔业资源的开发与保护、珊瑚礁的破坏与修复,并针对已有的问题提出了建议^[4]。国内学术界对于岛群研究相对较少,刘明综合前人研究指出岛群是一类重要的地理单元,并具有陆海双重属性^[5-7];徐质斌对海岛工业开发会产生问题进行逐一分析,并探讨海岛开发与管理的办法^[8];茅伯科对大小洋山的港城建设论证分析,提出政府应提高认识、问题导向与目标导向并重、近期建设和远期规划相结合等建议^[9]。总之,国内外对海岛及海岸线的研究多涉及中长时间尺度的岸线历史变迁,海岛景观生态,岸线和沿海用地类型转化。对于短时期内重大工程过程中岛群的岸线总体变化规律、岛群植被变化趋势、岛群围填海海陆转化过程的研究较少。

近期,舟山石化基地项目的建设在较短时间内改变了大鱼山及周边海岛的自然地理环境,其工程规模非常大,对相关岛屿及周边海域生态环境影响深刻。本文通过对舟山石化基地涉及岛群 7 个时期的卫星遥感影像信息提取,结合实地调查及相关资料,从岸线和植被两个方面探求岛群开发建设中生态环境因子的变化规律,为岛群合理开发和保护提供针对性的决策依据。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

舟山石化基地包括大、小鱼山岛及周边

10 个无居民岛屿,范围为 $121^{\circ}54'42''\text{E}\sim 122^{\circ}0'37''\text{E}$, $30^{\circ}17'15''\text{N}\sim 30^{\circ}20'47''\text{N}$ 。大鱼山岛隶属浙江省舟山市岱山县,位于杭州湾外侧的灰鳖洋,岱山岛西侧,与小鱼山岛等岛礁一起称为火山列岛。舟山石化基地工程施工涉及岛群包括大、小鱼山两个有居民岛和无名峙岛、外鱼唇礁、中鱼唇礁、里鱼唇礁、外鱼唇北小岛、外鱼唇北大岛、外鱼唇北礁、峙岗山屿、黄沙礁和渔山小山屿共 10 个无居民岛屿(图 1)。

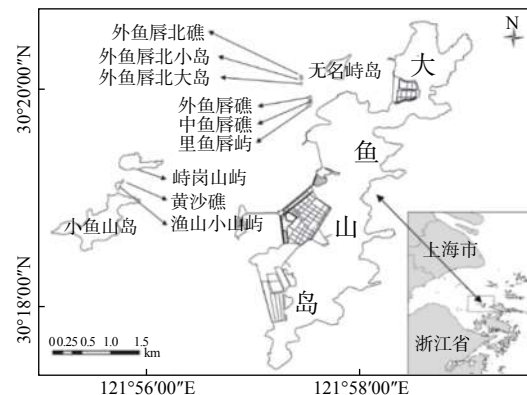


图 1 舟山石化基地涉及岛群概况

Fig. 1 Overview of Zhoushan Petrochemical Base involving islands

舟山石化基地规划范围以大鱼山岛为中心,规划面积共约 40.09 km^2 。规划分三期实施,近期和中期建设用地由一期陆域形成工程和二期促淤围涂工程,工程全部通过填海造地形成。目前正在开发建设舟山石化基地一、二期工程。

1.2 数据来源

卫星遥感影像数据的订购于中国资源卫星应用中心,卫星影像具体信息见表 1。

实地调查资料来源于 2017 年 7 月、2018 年 5 月和 2018 年 8 月三次登岛实地踏勘,以及 2015 年舟山石化基地建设用岛本底调查资料等。现场调查使用 DGPS/Tribble 差分定位系统

表 1 遥感数据来源与相关信息

Tab.1 Remote sensing data sources and related information

卫星名称	时间	分辨率	轨道号	备注
资源三号	2015-07-13	全色2.1 m/多光谱5.8 m	878/148	
高分二号	2016-02-11	全色0.8 m/多光谱3.2 m	996/165	
高分一号	2016-07-07	全色2 m/多光谱8 m	592/106	
高分一号	2016-11-03	全色2 m/多光谱8 m	592/106	根据时间阶段,选择分辨率高、云量少的影像数据
高分二号	2017-11-02	全色0.8 m/多光谱3.2 m	997/165	
高分二号	2018-02-13	全色0.8 m/多光谱3.2 m	997/165	
高分一号	2018-05-11	全色2 m/多光谱8 m	597/105	

(精度优于 1 m)共获取 28 个标志性地理位置点坐标信息,并在大鱼山岛上 5 处有植被区域进行样方植被记录。

1.3 数据处理方法

1.3.1 数据预处理

研究采用遥感(RS)和地理信息系统(GIS)相结合的方法。卫星遥感调查具有视域广、数据采集快和重复、连续观测的特点,能够快速直观的反映出研究区域各要素的动态变化信息^[10-12]。运用 ENVI5.2 软件对卫星影像进行正射、融合、几何精校正和影像增强等处理过程,使卫星影像空间分辨率提高到 2 m。

1.3.2 岸线信息提取方法

海岸线是海岛礁重要特征参数之一,它是海洋与陆地的分界线,是指多年大潮平均高潮位时的界线^[13]。由于海岛地形的复杂性,自动提取工程施工不同阶段海岸线往往会出现不连续或者位置发生偏差等现象。因而研究以高分数据为主,结合野外实地调查以及历史数据资料,建立遥感影像解译标志地物,利用遥感监督分类、目视解译相结合的方法进行海岸线信息提取^[14-15]。运用 ArcGIS10.3 软件,将 7 个不同时期的卫星影像进行叠加和比较分析,解译出舟山石化基地工程建设进展不同时期的岸线变化情况。

1.3.3 植被信息提取方法

岛群植被变化研究主要采取登岛实地调查、工程本底资料收集、卫星遥感图像分析等方法。岛群植被信息提利用 ENVI5.2 软件提取植被分布信息,根据现场植被样方验证结果,对遥感解译结果进行校核和修正,绘制海岛植被分布解译图。因在波段计算时,解译地物易受与地表

建筑物和船舶等影响,故在 ArcGIS10.3 中要对所得数据进行修正,剔除非植被的其他地物^[16-18]。最后将 7 个时期的岛群植被分布数据提取出之后,进行叠加分析,解译出舟山石化基地工程建设进展不同时期植被变化情况。

1.3.4 技术路线图

本文具体研究的技术路线如图 2 所示。

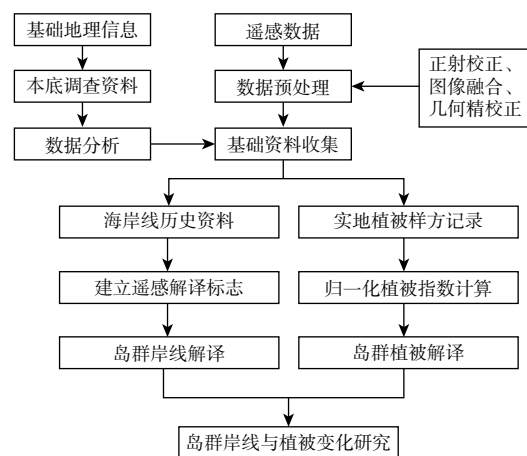


图 2 技术路线

Fig. 2 Technical flowchart of the study

2 结果与讨论

2.1 岛群岸线变化分析

根据登岛调查和项目本底资料,可知工程施工前舟山石化基地涉及岛群除大、小鱼山岛外均为自然岸线(基岩岸线),大鱼山岛岸线类型有两大类,分别是自然岸线(基岩岸线,淤泥粉砂质岸线)和人工岸线,小鱼山岛主要为自然岸线(基岩岸线)。对舟山石化基地涉及岛群区域的 7 个时期卫星影像岸线解译分析,提取得到大鱼山岛及周边岛屿各时期的岸线分布(图 3)。

利用 ArcGIS10.3 软件对岸线变化数据统计 汇总输出并制图,见表 2 和图 4。

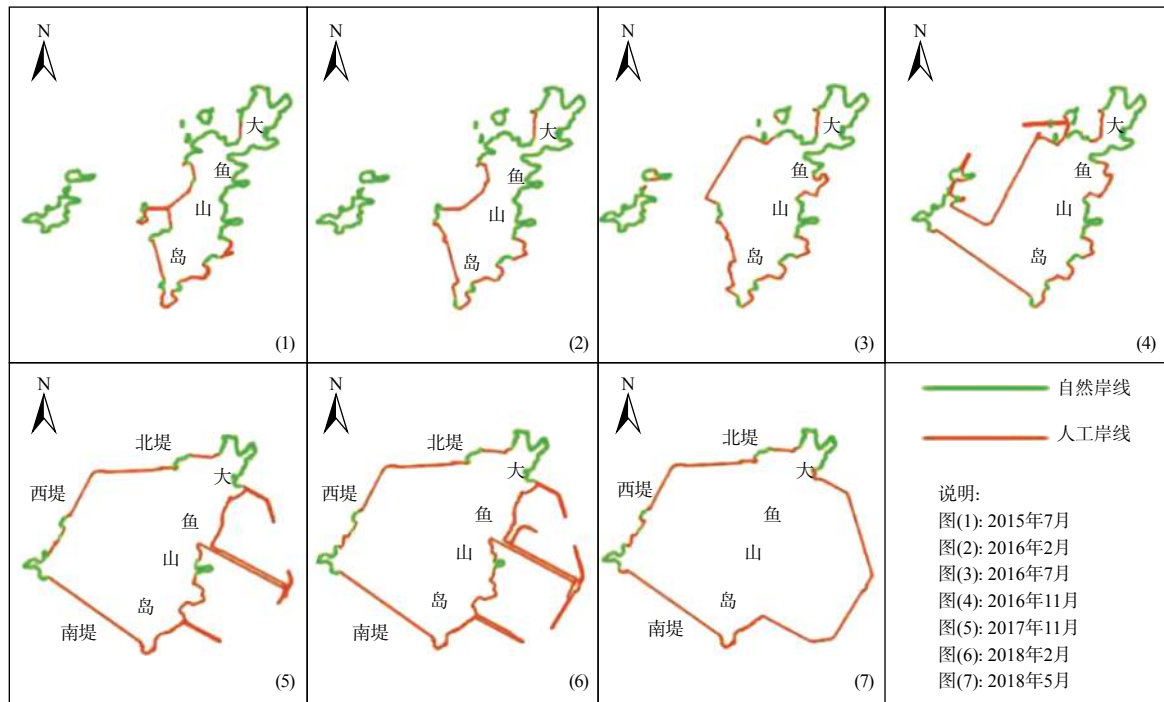


图 3 舟山石化基地涉及岛群各时期岸线

Fig. 3 Coastline of Zhoushan Petrochemical Base involving island groups in different periods

表 2 舟山石化基地岛群岸线变化统计

Tab.2 Shoreline change statistics of Zhoushan Petrochemical Base involving island group

时间	2015-07	2016-02	2016-07	2016-11	2017-11	2018-02	2018-05
自然岸线/km	28.304	25.313	20.581	17.018	9.949	8.984	6.969
自然岸线占比/(%)	75.0	73.9	60.4	44.2	25.8	20.6	25.8
自然岸线长度变化/km	-	-2.991	-4.731	-3.563	-7.068	-0.964	-2.015
人工岸线长度/km	9.415	8.959	13.518	21.516	28.617	34.602	20.028
人工岸线长度变化/km	-	-0.456	4.559	7.997	7.100	5.984	-14.573
人工岸线占比/(%)	25.0	26.1	39.6	55.8	74.2	79.4	74.2
岸线总长度/km	37.719	34.272	34.100	38.535	38.566	43.586	26.997

按照工程进展和收集影像资料情况将岛群变化大体划分为四个阶段,即 2015 年 7 月~2016 年 2 月大鱼山主岛开发为第一阶段,2016 年 2 月~2016 年 11 月大、小鱼山主体岛屿连岛过程为第二阶段,2016 年 11 月~2017 年 11 月岛群整体围填为第三阶段,2017 年 11 月~2018 年 5 月岛群向东扩张围填为第四阶段。

根据图 4 和表 2 可知,2015 年 7 月舟山石化基地项目施工前,岛群岸线以自然岸线为主,自然岸线长度为 28.304 km,自然岸线占比(自然岸线占岸线总长度比例)为 75.0%。舟山石化基地

建设第一阶段,自然岸线减少 2.991 km,集中分布于大鱼山岛,人工岸线向大鱼山岛西侧方向推进。是由于此阶段工程施工集中于大鱼山岛西侧。第二阶段,自然岸线减少 8.295 km,集中分布于大鱼山岛西侧、小鱼山岛和外鱼唇北大岛;人工岸线增长 12.557 km,分布于大、小鱼山岛之间,以及小鱼山岛和峙岗山屿之间的连岛大堤。是由于此阶段工程施工主要集中于大、小鱼山之间围海造田,大、小鱼山连合为一个整体。第三阶段,自然岸线减少 7.068 km,人工岸线增长 7.100 km,新增岸线位于工程西堤、北堤和大鱼

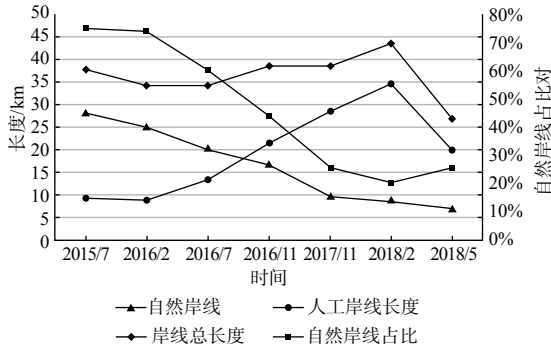


图 4 舟山石化基地涉及岛群不同时期岸线长度统计
Fig. 4 Shoreline length statistics of Zhoushan Petrochemical Base involving island groups in different periods

山岛东堤及隔堤。是由于此阶段工程施工集中于西堤和北堤,西堤、北堤逐步合龙,峙岗山屿、无名峙岛等岛屿合为一体,岛群内部围填海基本完成。第四阶段,自然岸线持续减少 2.015 km,主要分布于大鱼山岛东侧,人工岸线先增后减,自然岸线占比有所回升。是由于工程施工集中于岛群东部,东堤南北各部分逐步合龙,舟山石化基地内部隔堤岸线消失,舟山石化基地围填海工程主体基本完工。经统计,近 3 a 内,舟山石化

基地工程所涉及岛群自然岸线共损失 21.335 km,占原自然岸线的 75.4%。

2.2 岛群植被变化分析

运用 ENVI5.2 软件对所获取的 7 个时期卫星影像进行植被指数计算后,将所得植被图层矢量化输入 ArcGIS10.3 中,制作专题图如下,可清楚显示各影像时期的植被分布(图 5),导出各时期植被面积并计算(表 3)。

按照舟山石化基地工程进展四个阶段进行植被分布制图,可以显示不同阶段岛群植被变化情况(图 6)。

通过对舟山石化基地涉及岛群植被信息提取,可知舟山石化基地涉及岛群工程前后植被覆盖率大幅降低,岛群植被面积锐减。其中大、小鱼山岛植被破坏最为严重,植被覆盖面积已降至不足原有植被的 30%,黄沙礁、外鱼唇北小岛、外鱼唇北大岛、外鱼唇北礁上的植被基本消失;鱼山小山屿、峙岗山屿、无名峙岛植被保存较好,仅有与工程堤坝和岛屿平面相接处有少许植被遭到破坏。

根据图 5、图 6 和表 3 可知,舟山石化基地涉及岛屿植被面积总体不断缩减,植被减少速度

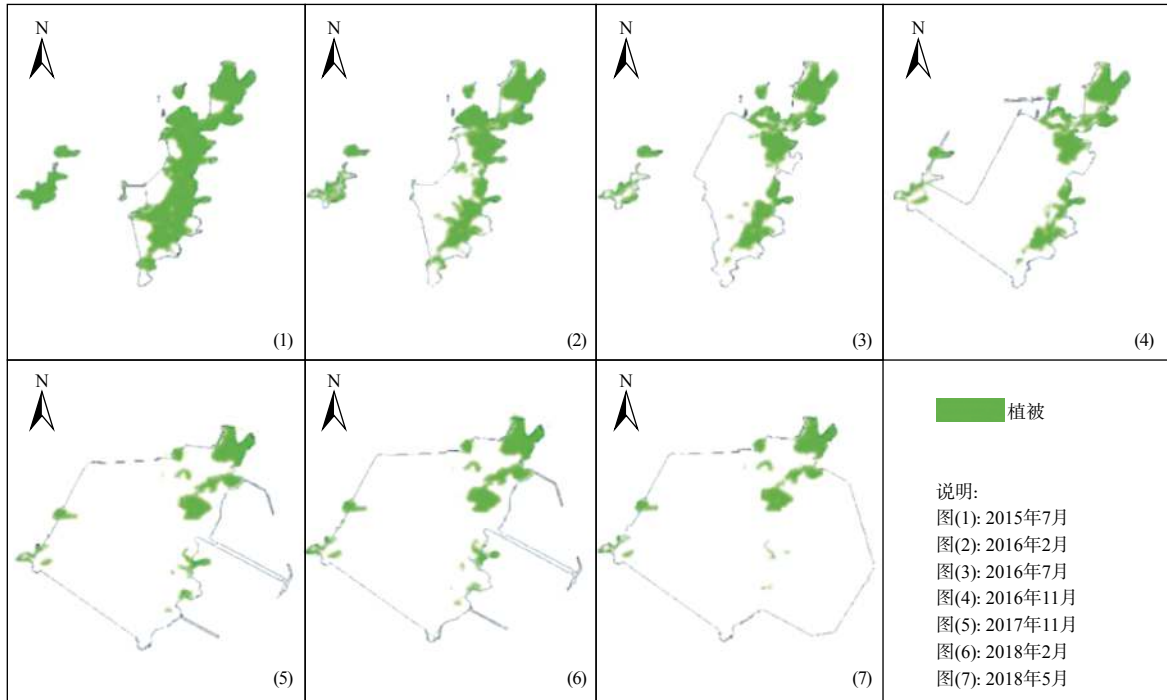


图 5 舟山石化基地涉及岛群各时期植被分布情况

Fig. 5 Vegetation distribution of Zhoushan Petrochemical Base involving island groups in different periods

表 3 2015~2018 年舟山石化基地涉及岛群植被统计

Tab.3 Vegetation statistics of Zhoushan Petrochemical Base involving island groups in 2015-2018

时间	2015-07	2016-02	2016-07	2016-11	2017-11	2018-02	2018-05
总面积/km ²	4.782	3.113	2.488	2.162	1.472	1.384	1.245
植被减少面积/km ²	—	1.669	0.626	0.326	0.689	0.088	0.139
植被减少速度/km ² ·月 ⁻¹	—	0.238	0.125	0.082	0.057	0.029	0.046

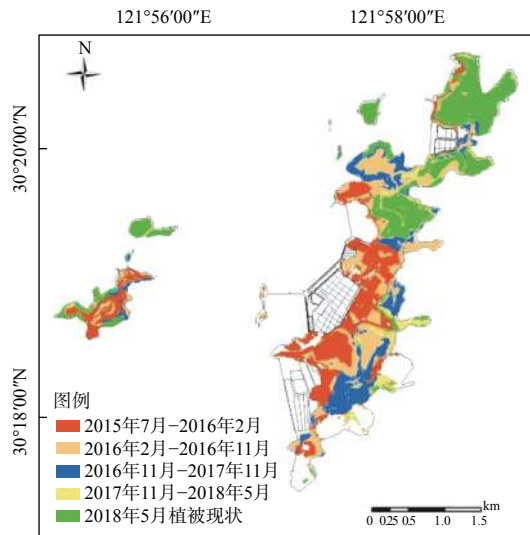


图 6 舟山石化基地涉及岛群植被分布变化

Fig. 6 Changes of vegetation distribution in Zhoushan Petrochemical Base involving island groups

(单月植被减少占岛群原有植被总面积比例)呈现出先快后慢的趋势。舟山石化基地建设第一阶段,岛群植被面积减少 1.669 km²,植被减少速度最快,达到 0.238 km²/月,植被减少区域集中分布于大、小鱼山岛,大鱼山岛南端中西部大范围连片区、小鱼山岛山腰上部植被已基本消失。主要是由于工程建设先由大鱼山岛向西进行围填海,工程前期建设需要开辟大量建设空间和开山炸石获取围填海土石方导致。第二阶段,岛群植被减少 0.951 km²,植被减少速度为 0.207 km²/月,植被减少集中分布于大鱼山岛东部和北部、小鱼山岛山顶部和峙岗山岛中部。是由于该阶段开山取石向东、向北推进导致植被减少面积较大。第三阶段,岛群植被减少 0.690 km²,植被减少速度为 0.057 km²/月,植被减少速度有所降低,植被减少区域主要分布于大鱼山岛的西北部和东南部山坡,渔山小山岛和外鱼唇北小岛整个岛屿。是由于西北部开山采石继续用于西部填海,大鱼山岛东南部大量开山采石用于东堤围填海

所致。第四阶段,岛群植被减少面积较少,仅为 0.227 km²,植被减少速度进一步降低为 0.076 km²/月,植被减少区域呈现条带状分布于各个较大岛屿上。主要是因为这一时期工程主体围海完成,除大鱼山岛东北部外,岛体植被所剩面积已经很少,工程填海施工所需石料大多取自于无植被的山腰部位。经统计,近 3 a 内,舟山石化基地工程所涉及岛群植被共损失 3.537 km²,占原岛群植被面积的 74.0%。

2.3 建议

舟山石化基地涉及岛群短时期内自然岸线与植被快速减少,对岛群的原有生态系统造成难以恢复的影响。建议海岛管理部门要制定海岛分级、分类的整体开发规划,对将要开发的岛群制定自然岸线和植被保有率的控制指标,并严格监管。

在自然岸线的保护方面,围填海过程中尽可能减少占用岛群的自然岸线。对于工程规划中不可避免利用的海岛自然岸线,建议新建围堤从岛屿中部穿过,既可减少围填海的工程量,又可保护连岛岛体外围原有的自然岸线。工程结束后可以新建生态化岸线,恢复原有自然岸线的部分生态功能。

海岛植被保护与恢复方面,岛群开发过程中要注意保护原生植被,对具有重要生态功能的海岛严格控制其开发活动。工程施工中也要加强管理,规范作业,减少对原有植被的破坏。岛群围填海工程结束后,在新围填的植被空白区内,可进行人工绿化修复,提高岛群的植被覆盖率,促进海岛生态系统功能恢复。

3 结论

(1)通过遥感结合地理信息系统的方法,利用舟山石化基地所在区域 7 个时期的卫星影像,结合实地调查和相关本底资料,分析提取了舟山

石化基地建设过程中涉及的岛群岸线及植被变化情况。研究表明: 岛群变化大体划分四个阶段, 即大鱼山主岛开发、大小鱼山连岛过程、岛群整体围填和岛群扩张围填四个阶段。

(2) 近 3 a 内, 舟山石化基地工程所涉及岛群自然岸线共损失 21.335 km, 占原自然岸线的 75.4%; 前三阶段岛群自然岸线快速减少, 人工岸线快速增加, 第四阶段自然岸线缓慢减少, 人工岸线速冲高回落。岛群植被共损失 3.537 km², 占原岛群植被面积的 74.0%; 前两阶段岛群植被快速减少, 后两阶段岛群植被减少速度减缓。

(3) 岛群岸线、植被减少变化与岛群开发过程呈现高度时空一致性。岛群自然岸线与植被破坏消失的走向和速度基本反映出岛屿开发过程中工程施工的方向和强度。因此, 相关部门对此可针对性的制定各阶段的保护措施。

参考文献:

- [1] KURNIAWAN F, ADRIANTO L, BENGEN D G, et al. Vulnerability assessment of small islands to tourism: The case of the Marine Tourism Park of the Gili Matra Islands, Indonesia[J]. *Global Ecology and Conservation*, 2016, 6: 308-326.
- [2] PARK S H. A strategic approach to policy tasks for the development of Korea's island areas[J]. *Journal of Marine and Island Cultures*, 2016, 5(1): 14-21.
- [3] MANN P, TAYLOR F W, LAGOE M B, et al. Accelerating late Quaternary uplift of the New Georgia Island Group (Solomon island arc) in response to subduction of the recently active Woodlark spreading center and Coleman seamount[J]. *Tectonophysics*, 1998, 295(3/4): 259-306.
- [4] SACHS J D, MCARTHUR J W. The millennium project: a plan for meeting the millennium development goals[J]. *The Lancet*, 2005, 365(9465): 347-353.
- [5] 赵雪胜, 杨维芳, 闫浩文, 等. 岛群在自动综合中边界和岛屿数量的确定方法[J]. *淮阴工学院学报*, 2010, 19(1): 81-83.
- [6] 宋维尔. 基于“岛群”单元的无居民海岛规划方法初探——以浙江省实践为例[C]//2010年海岛可持续发展论坛论文集. 浙江: 浙江省海洋学会, 2010: 32-40.
- [7] 刘明. 岛群资源、生态环境承载力评估理论和方法基本框架初探[J]. *发展研究*, 2013, (4): 79-84.
- [8] 徐质斌. 关于海岛地区发展工业的若干问题[J]. *海洋开发与管理*, 1996, (2): 22-25.
- [9] 茅伯科. 大小洋山的港城建设需要从长计议[J]. *交通与航运*, 2017, 4(4): 4-6.
- [10] 刘雪, 马妍妍, 李广雪, 等. 基于卫星遥感的长江口岸线演化分析[J]. *海洋地质与第四纪地质*, 2013, 33(2): 17-23.
- [11] 马荣华, 杨桂山, 朱红云, 等. 长江苏州段岸线资源利用遥感调查与GIS分析评价[J]. *自然资源学报*, 2003, 18(6): 666-671.
- [12] 刘荣杰, 张杰, 闫秋双, 等. 1982~2012年间福建省主要河口海岸岸线变迁遥感监测分析[J]. *应用海洋学学报*, 2014, 33(3): 425-433.
- [13] GB/T18190-2000, 海洋学术语海洋地质学[S].
- [14] 田庆久, 闵祥军. 植被指数研究进展[J]. *地球科学进展*, 1998, 13(4): 327-333.
- [15] GENS R. Remote sensing of coastlines: detection, extraction and monitoring[J]. *International Journal of Remote Sensing*, 2010, 31(7): 1819-1836.
- [16] 申家双, 翟京生, 郭海涛. 海岸线提取技术研究[J]. *海洋测绘*, 2009, 29(6): 74-77.
- [17] YOSHIOKA H, MIURA T, HUETE A R, et al. Analysis of vegetation isolines in red-NIR reflectance space[J]. *Remote Sensing of Environment*, 2000, 74(2): 313-326.
- [18] 温小乐, 李洋, 林征峰. 海岛建设引发的植被覆盖度变化的遥感分析[J]. *地球信息科学学报*, 2017, 19(2): 273-280.