

DOI: 10.5846/stxb201803220567

柯丽娜, 庞琳, 王权明, 韩增林, 王辉. 围填海景观格局演变及存量资源分析——以大连长兴岛附近海域为例. 生态学报, 2018, 38(15): - .

Ke L N, Pang L, Wang Q M, Han Z L, Wang H. Analysis of changes in landscape patterns and stock resources resulting from sea reclamation: A case study of the waters off Changxing Island. Acta Ecologica Sinica, 2018, 38(15): - .

围填海景观格局演变及存量资源分析 ——以大连长兴岛附近海域为例

柯丽娜^{1,2,*}, 庞琳¹, 王权明³, 韩增林^{1,2}, 王辉^{1,2}

1 辽宁师范大学城市与环境学院, 大连 116029

2 辽宁师范大学海洋经济与可持续发展研究中心, 大连 116029

3 国家海洋环境监测中心, 大连 116023

摘要:以大连市长兴岛附近海域为研究区域, 收集 1995 年、2000 年 Landsat TM 遥感影像及 2005 年、2010 年、2016 年高分辨率遥感影像, 分析 20 年来研究区围填海的动态空间分布及景观格局变化特征, 建立面向对象的围填海存量资源分类提取方法, 并构建围填海存量资源指数, 对长兴岛围填海存量资源状况进行分析, 得出以下结论: (1) 长兴岛附近海域围填海年动态变化在 2010—2016 年间幅度最大; 长兴岛东南部为围填海动态变化的主要区域。 (2) 整个区域在监测期内表现出多种围填海小型斑块被整合, 大型斑块积极向外扩展的发展态势, 区域内景观表现出多样性和复杂性增加而优势度减小的趋势。 (3) 长兴岛附近海域围填海总体利用效率较低, 填而未建区域面积最大, 其次为围而未填区域及低效工业城镇用海类型, 围填海存量资源总面积达到 22008.5 hm²。

关键词:围填海; 面向对象; 景观格局; 存量资源; 长兴岛附近海域

Analysis of changes in landscape patterns and stock resources resulting from sea reclamation: A case study of the waters off Changxing Island

KE Lina^{1,2,*}, PANG Lin¹, WANG Quanming³, HAN Zenglin^{1,2}, WANG Hui^{1,2}

1 City Environment Institute of Liaoning Normal University, Dalian 116029, China

2 Center for Study of Marine Economy and Sustainable Development, Liaoning Normal University, Dalian 116029, China

3 National Marine Environmental Monitoring Center, Dalian 116023, China

Abstract: In this study, LandsatTM remote-sensing images (1995 and 2000) and high-resolution remote-sensing images (2005, 2010, and 2016) were collected from waters off Changxing Island in Dalian to analyze the dynamic spatial distribution and landscape pattern change during sea reclamation in that area over the past 20 years. An object-oriented remote-sensing image classification and extraction method was developed to assess the stock resources resulting from sea reclamation. We obtained the following results: (1) The largest dynamic change period of sea reclamation was between 2010—2016, and changes were concentrated in the southeast of Changxing. (2) Small patches of various reclamation types were amalgamated, and large patches expanded. The diversity and complexity of landscape in this area showed an increase, but the dominance showed a decrease. (3) The use efficiency of sea reclamation was relatively low; the filled-but-unbuilt area was the largest of the stock resources, followed by those of the encircled-but-unfilled area and the inefficient industrial town. The total area of stock resources resulting from sea reclamation was 22008.5 hm².

Key Words: sea reclamation; object-oriented classification; landscape pattern; stock resources; Changxing Island

基金项目: 国家自然科学基金(41501594, 41771159); 高校人文社会科学重点研究基地重大项目子课题(16JJD790021)

收稿日期: 2018-03-22; 网络出版日期: 2018-00-00

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: kekesunny@163.com

随着沿海地区人口的快速增长、社会经济和科学技术的迅猛发展,为扩大生存和发展空间,海岸带地区开始通过围填海来缓解陆域土地资源匮乏的问题。围填海是围海和填海的总称,是指人类在海岸线外通过修建堤坝,填埋土石方等工程措施,改变海域自然属性,从而对其利用的方式^[1],围海可以兴建养殖池塘、围海制盐等,填海可以用于港口码头建设、城镇及工业用地发展等。大规模的围填海活动,虽为沿海地区提供了更多可供利用的土地资源,但同时也造成了海岸带空间形态及其景观格局的改变,消耗了大量海岸带资源,破坏了其附近生物资源的栖息环境,因此,对围填海进行监测和研究成为现实需要。近年来,越来越多的国内外专家学者开始从多角度对围填海进行研究,国外 EI Banna M M 等研究了近 50 年尼罗河三角洲东北部海岸带的围填海开发活动,发现大量自然湿地转化为养殖池塘和农田等人工用地类型^[2]。Yagoub M M 等利用多年遥感影像,分析了阿联酋的阿布扎比海岸的围填海类型变化过程^[3]。Kumar A 等通过利用多年的地形图和遥感影像,分析了印度卡纳塔克海岸带 1910 年至 2005 年的利用变化情况^[4]。国内徐凉慧等借鉴景观生态学相关指标,对 1990—2010 年浙江省的围填海空间格局进行定量研究^[5]。李加林等以江苏海岸湿地为例分析了景观格局变化的主要特点及景观格局的驱动因子和干扰因素,并提出江苏淤泥质海岸湿地景观生态建设的原则及主要内容^[6]。彭建等应用景观生态学理论,构建山东省无棣县海岸带景观生态评价指标体系,并在时空尺度上进行综合评价^[7]。综合来看,目前的研究多是侧重于对围填海时空格局进行研究,或是侧重于基于景观格局指数分析景观格局的演变过程及评价生态问题,还缺少对围填海高强度开发的典型区进行围填进程的景观格局变化的定量分析,尤其是高强度开发后,围填海存量资源情况如何,目前还缺少这方面的研究。围填海所造成的景观格局变化是海岸带景观变化的显著特征和重要过程,直接体现了人类干扰在整个海岸带区域中的重要影响,借助景观生态学对围填海景观格局变化进行研究,能够建立围填海类型空间格局变化与其生态过程的生态学联系,进而对人类对海岸带生态系统变化的影响进行生态学度量,对海岸资源开发评估与规划等工作具有重要意义^[8-11]。因此本文将长兴岛附近海域作为研究对象,将 1995 年、2000 年、2005 年、2010 年及 2016 年的围填海遥感影像作为基础数据,针对研究区围填海利用类型及其环境空间特征,构建和选取景观格局指数分析 20 年间该地区围填海类型景观格局的变化特征,同时使用面向对象的分类技术建立围填海存量资源的分类方法及流程,对研究区围填海存量信息进行提取,厘清该区域高强度开发后围填海存量资源的现状,以期为国家严格控制围填海造地增量,盘活围填海造地资源存量及相关的海域资源管理、海岸带挖潜政策的制定提供一定的技术方法及数据支撑。

1 研究区与数据源

1.1 研究区概况

大连市长兴岛海域位于 $121^{\circ}13'19''$ — $121^{\circ}32'11''$ E, $39^{\circ}23'26''$ — $39^{\circ}31'15''$ N,地处辽东半岛中西侧,辽宁省瓦房店市的西南部,东濒渤海沿岸,复州湾以北,由长兴岛以及西中岛、凤鸣岛、骆驼岛、交流岛等五个岛屿连接组成。长兴岛四面环海,水深湾阔,腹地宽广,是渤海湾地区自然条件最为优越的一个天然港湾,也是环渤海经济圈的最佳出海口(图 1),环岛岸线 91.6 km,所属海域共 100 km²^[12]。长兴岛附近海域滩涂资源丰富,成为近年来辽宁沿海经济发展最为迅速的区域,特别是 2000 年以后该地区围填海进程加快,高强度的开发所带来的资源消耗和区域内景观格局的变化非常剧烈,是开展围填海景观格局变化监测与存量资源评估的理想实验区。

1.2 数据来源及处理

本文收集到研究区 TM5(1995、2000 年)、SPOT-5(2005、2010 年)及 2016 年高分 1 号(GF-1)卫星遥感影像作为基础数据,对获取的遥感影像在 ENVI 环境下进行预处理,包括几何校正、辐射定标、裁剪拼接等过程,高分辨率遥感影像几何精校正的校正方法参考相关文献^[13-15]。在 eCognition Developer、ENVI 及 ArcGIS 软件的支持下,进行面向对象的围填海类型信息提取,具体围填海类型以国家海洋局制定的《海域使用分类》(HT/Y123-2009)为参考,并综合长兴岛海域开发现状及各围填海类型的光谱特征,确定围海养殖用海、盐业

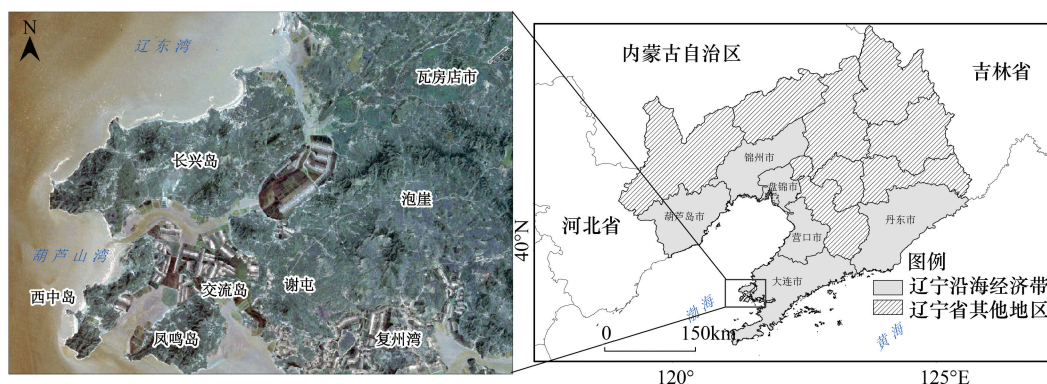


图1 长兴岛区位图

Fig.1 Location of the study area in Changxing Island

用海、港口用海、未利用类型及工业用海作为长兴岛围填海的主要类型,并对其进行解译分析,后经野外调查、车载 GPS 现场定位、实地勘测资料对比等手段,得到研究区 1995、2000、2005、2010 和 2016 年 5 个年份围填海利用类型的空间信息。本文将遥感影像解译的围填海类型斑块与实测数据围填海类型斑块相一致的斑块数量百分比定义为解译精度^[16],得到 2016 年的解译精度为 94%,1995、2000、2005、2010 年的解译精度范围在 91%—96%之间,满足本次研究的需要。

2 研究方法

2.1 围填海时空演变分析方法

2.1.1 围填海利用动态度

围填海利用动态度能够较为直观地反应特定围填海类型的动态变化程度,其计算原理如下^[17]:

$$K = \frac{V_b - V_a}{V_a} \times \frac{1}{T_2 - T_1} \times 100 \frac{0}{0} \quad (1)$$

式中, K 为围填海类型动态度; V_a 为研究初期围填海类型面积(hm^2); V_b 为研究期末围填海类型的面积(hm^2); $T_2 - T_1$ 为研究时段。

2.1.2 空间重心转移模型

围填海在空间维上的动态演变过程可以用区域内围填海各类型重心分布的变化轨迹来反映,重心的计算公式如下^[18-19]:

$$X_t = \frac{\sum_{i=1}^n (C_{ti} \times X_i)}{\sum_{i=1}^n C_{ti}} \quad Y_t = \frac{\sum_{i=1}^n (C_{ti} \times Y_i)}{\sum_{i=1}^n (C_{ti})} \quad (2)$$

式中, X_i 、 Y_i 是第 i 个围填海类型斑块的 centroid 坐标, C_{ti} 为第 i 个围填海类型斑块的面积, n 是围填海类型斑块的总数目。各围填海类型重心的变化轨迹反应了区域内各围填海利用类型的发展方向,通过分析各研究时段围填海类型重心的分布情况,可明确围填海在空间上的变化趋势。

2.2 围填海景观格局演变分析方法

结合研究区不同时段围填海利用类型分布的特点,本研究分别从类型水平和景观水平两个层次上选取景观格局指数探讨研究区内围填海利用类型景观格局演变特征。从类型水平上选取斑块面积(CA)度量景观形状特征;选取斑块密度(PD)描述景观内异质性程度;选取斑块形状指数(PSI)分析景观内斑块分离度及类型复杂程度;选取最大斑块指数(LPI)确定景观内优势类型;从景观水平上选取香农多样性指数(SHDI)、破碎度(F_i)及均匀度指数(SHEI)分析景观在结构、功能上的丰富程度、破碎程度及均匀程度,并使用 FRAGSTATS

软件对景观格局指数进行计算,相关计算公式见表 1。

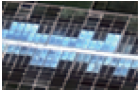
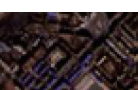
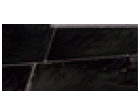
表 1 景观指数计算方法
Table 1 The calculation methods for landscape indices

景观指数 Landscape index	英文缩写 Abbreviation	计算公式 Calculation formula	描述 Description
斑块面积 Patch area	CA	$CA = \sum_{j=1}^n \alpha_{ij} (1/10,000)$	α_{ij} 为某一类型斑块面积(hm^2)
斑块密度 Patch density	PD	$PD = \frac{n_i}{A} (10,000) (100)$	n_i 为某类型斑块的总个数, A 为景观总面积(个/100 hm^2)
斑块形状指数 Patch shape index	PSI	$PSI = \frac{0.25P}{\sqrt{A}}$	P 是斑块周长, A 是斑块面积
最大斑块指数 Largest patch index	LPI	$LPI = \frac{\text{Max}(a_1, \dots, a_n)}{A} (100)$	景观中最大斑块的面积(m^2)除以景观总面积(m^2),再乘以 100(转换成百分比)。取值范围:0<LPI≤100
香农多样性指数 Shannon's diversity index	SHDI	$SHDI = - \sum_{i=1}^m (P_i \ln P_i)$	P_i 为类型(级)占景观面积的比例, m 指斑块类型数目,SHDI≥0
破碎度指数 Fragmentation index	F_i	$F_i = N_i/A_i$	N_i 为景观斑块数, A_i 为景观总面积
均匀度指数 Shannon's evenness index	SHEI	$SHEI = \frac{SHDI}{SHDI_{\max}} = \frac{- \sum_{i=1}^m P_i \ln(P_i)}{\ln(n)}$	SHDI _{max} 是多样性指数最大值

2.3 围填海存量资源的界定与分类

剧烈的围填海开发活动造成一些区域存在围而不填、填而不建、低密度建设等存量问题,形成与存量土地资源类似的围填海存量资源^[20]。围填海存量资源是指围填海后区域内现存的未来可用于开发城镇建设、临港工业、旅游娱乐、养殖等类型的潜在的围填海空间资源^[21-24]。根据围填海存量资源特征,结合研究区实际情况,本文在对研究区围填海类型特征进行梳理的基础上,进一步将低效盐田、低效养殖池塘、低效工业城镇用海、围而未填区域及填而未建区域作为围填海存量资源类型进行研究。各类型围填海存量资源含义及影像特征描述见表 2。

表 2 围填海存量资源类型划分及解译标志
Table 2 Classification and surface image features of sea reclamation stock resources

区域类型 Area type	定义 Definition	光谱特征 Spectral features	解译标志 Interpretation sign	影像数据 Image data
围而未填区域 Encircled-but-unfilled area	指已经被圈围,但还没有填充成陆地的水域	水域颜色显示为灰色、灰黑色,围堰呈亮灰色	多呈类似于矩形或不规则的多边形,围堰内为水域	
填而未建区域 Filled-but-unbuilt area	指原水域被填充成了陆地,但还没有进行开发建设的区域	填而未建区域分为有植物生长区和无植物生长区,颜色分别显示为暗绿色和灰色	多呈正方形或矩形,内有道路	
低效盐田 Low-efficiency salt field	包括利用效率低下的盐田或废弃盐场	有亮色晶体析出,按照水体盐度划分,呈黑灰色、亮灰色等	被分割而成的形状规则、排列紧密的矩形池塘水域	
低效工业城镇用海 Low-efficiency Industrial town	指停产、停建的工业用地、城镇建设用地等	随工业、城镇开发类型的不同,呈现不同的颜色,未开发建设区域呈现灰色及灰白色	低效建设区域形状规则,呈现不同颜色变化,随时间废弃,在原工业城镇建设区域分布杂草	
低效养殖池塘 Low-efficiency aquaculture pond	包括利用效率低下的养殖池塘和废弃的养殖池塘	围堰呈灰色,水域呈黑灰色	被分割成形状较不规则的池塘水域,面积较大	

2.4 面向对象的围填海存量资源分类提取方法

本文结合围填海存量资源特点,采用面向对象的分类技术,首先对高分辨率遥感影像进行尺度分割,再根据影像特征划分围填海存量资源类型,并应用模糊分类及最近邻分类规则等操作建立面向对象的围填海存量资源分类原则,最后对分类结果进行精度验证。面向对象的围填海存量资源遥感影像分类技术流程如图 2 所示。

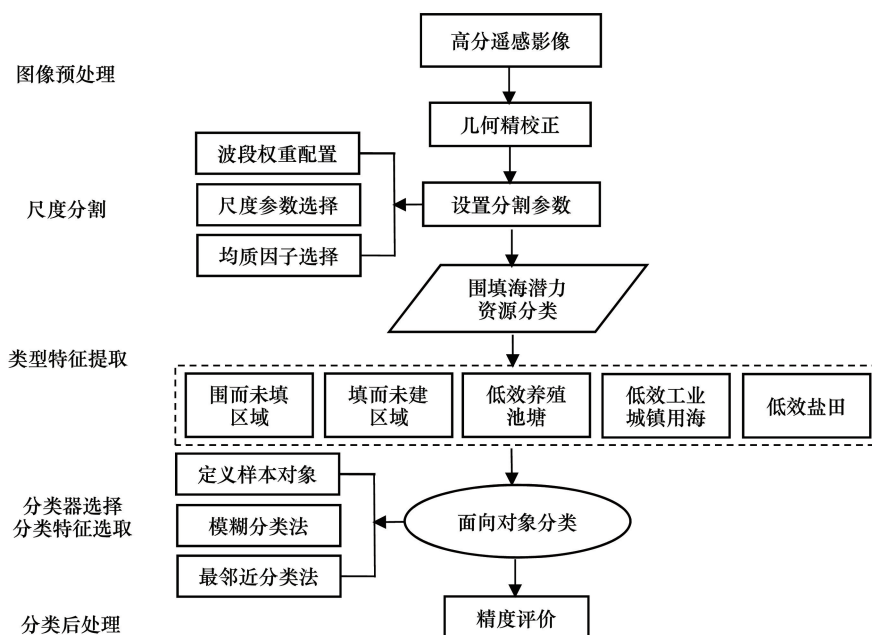


图 2 面向对象的围填海存量资源分类流程图

Fig.2 A flowchart for the object-oriented image classification technique for sea reclamation stock resources

2.5 围填海存量资源指数构建

为定量评估围填海存量资源状况,结合长兴岛附近海域围填海存量资源的开发利用面积情况,构建围填海存量资源指数,具体围填海存量资源指数计算方法为:

$$WTHQL = \sum_{i=1}^n A_i \times \frac{T_i - V_i}{T_i} \times 100\% \quad (3)$$

$$V_i = A_i / A$$

式中, A_i 为某一低效围填海利用类型面积 (hm^2); T_i 表示合理海域开发强度值; V_i 为某低效利用围填海类型的存量指数; A 为围填海总面积。该指数表示了围填海开发利用程度的高低,指数值越大,说明现存的未来可用于开发的围填海存量资源越多^[25-27]。本文涉及到的 5 种围填海存量资源类型的合理开发强度值采用专家咨询法确定^[28],数值范围在 0 至 1 之间,具体见表 3。

3 结果与分析

3.1 围填海时空演变特征分析

3.1.1 围填海利用动态度分析

围填海利用动态度可定量描述区域一定范围内各围填海类型的变化速度^[29],动态度是正值时,表示该类型面积增加,反之则减小,具体衡量时使用绝对值,绝对值越低,表明该围填海类型转换数量少,状态则相对稳定,反之则变化相对剧烈^[30]。根据公式(1),研究区在 1995—2016 年间,各时间段围填海类型的动态度指数如表 4 所示。

表 3 各类型潜力资源合理开发强度值表

Table 3 Reasonable development intensity value of each type potential resource

围填海存量资源类型 Reclamation stock resource	合理开发强度值 Reasonable development intensity values	围填海存量资源类型 Reclamation stock resource	合理开发强度值 Reasonable development intensity values
围而未填区域 Encircled-but-unfilled area	0.8	低效盐田 Low-efficiency salt field	0.6
填而未建区域 Filled-but-unbuilt area	0.6	低效工业城镇用海 Low-efficiency Industrial town	0.4
低效养殖池塘 Low-efficiency aquaculture pond	0.6		

表 4 不同时段围填海类型动态度指数

Table 4 Dynamic degree index of reclamation types during different periods

海域利用类型 Sea area use type	不同时期的围填海类型动态度/% Dynamic degree index of reclamation types in different periods				
	1995—2000	2000—2005	2005—2010	2010—2016	1995—2016
围海养殖用海 Aquaculture	2.9	12.6	7.6	0.9	8.1
盐业用海 Salt industry	2.1	0.1	-0.5	-0.9	1.7
未利用类型 Unused waters	-1.0	-5.0	3.2	1.51	0.12
港口填海 Port	0	0.07	1.23	5.42	1.68
工业用海 Industry	0	0.065	0.32	1.02	0.35

分析表 4 可得:1995—2000 年属于围填海的缓慢增长期,区域内所有围填海类型变化速度不大,围海养殖用海呈增长趋势,但变化速度不大,动态度为 2.9%。2000—2005 年属围海增长期,围海养殖用海动态度为 12.6%,面积呈迅速增加趋势,这一时期由于海水养殖、育苗等相关产业基础设施的投入,导致围海养殖用海面积迅速增长,开发强度最高;未利用类型动态度在 2000—2005 年间出现较大负值,大量海域圈垦用于渔业养殖。

2005—2016 年属于围海、填海共同增长期,该时间段内围海养殖、工业及港口用海面积增长较为明显,港口用海类型动态度出现极大值,达到 5.42%,表明该时期港口用海的面积呈明显快速扩张趋势,长兴岛临港工业区建设过程中大量养殖用海空间、低效盐业区域被征收用于港口发展及工业厂房建设,港池、航道及工业用海等类型面积在该时期急剧增长。另外,值得注意的是,这一时期未利用类型面积呈增长趋势,因该时期受经济发展影响,大量围填海区域填而未用、围而未用区域,处于搁置状态。

3.1.2 围填海空间质心转移分析

利用公式(2)计算出各围填海类型空间质心坐标,并绘制各类型围填海质心转移演变图。由图 3 可知,长兴岛附近海域各个围填海类型在过去的 20 年间空间分布呈规律性变化。质心转移幅度最大的是未利用类型,质心在 121.36°E—121.59°E,39.36°N—39.47°N 之间变动。1995—2005 年间未利用类型的质心先向西北小幅度迁移,后又向东南方向迁移,整体向东偏南迁移了 5.7 km;2005—2016 年间又向西北偏移了 22.9 km,整体从 1995 年 121.53°E、39.38°N 迁移到 2016 年 121.36°E、39.47°N,由东西方向看,向西移动 0.17°;由南北方向看,向北移动 0.09°。这是因为自 2009 年开始,长兴岛西侧八岔沟—五道沟嘴子作为主要可供开发岸线,出现大面积的已围未利用海域,可见围填海的主要开发方向将向西北转移。

围海养殖用海的质心迁移幅度仅次于未利用类型,质心在 121.48°E—121.56°E,39.45°N—39.50°N 之间变动。1995—2005 年间先向东南后又向西北偏移,整体朝西北偏移 5.2 km;2005—2016 年整体向东南方向迁移 4.6 km。整体从 1995 年 121.55°E、39.47°N 迁移到 2016 年 121.50°E、39.45°N,由东西方向看,向东移动 0.05°;由南北方向看,向南移动 0.02°。主要是由于 10 年间围海养殖用海新增区域主要集中在了长兴岛东南方向,且面积持续增加,扩展强度要大于西部地区,导致其质心持续向东南迁移。

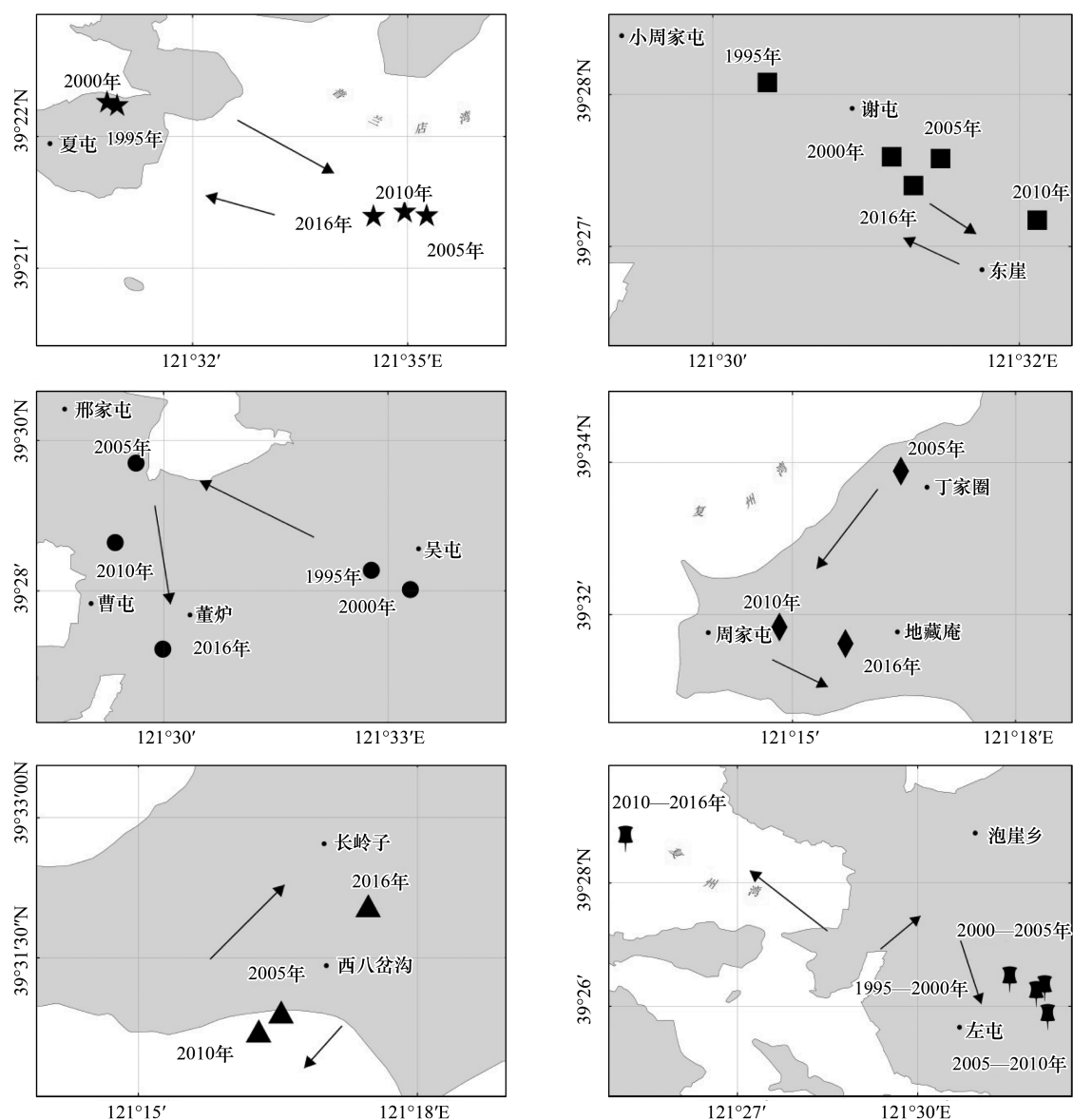


图 3 1995—2016 年研究区各类型围填海质心迁移变化

Fig.3 The change of centroid migration in the study area from 1995 to 2016

盐业用海质心在 121.50°E — 121.54°E , 39.45°N — 39.47°N 之间变动。1995—2010 年间始终向东南迁移, 迁移距离为 3.03 km; 2010—2016 年间向西北迁移距离为 1.2 km。整体从 1995 年 121.51°E , 39.47°N 迁移到 2016 年 121.52°E , 39.46°N , 由东西方向看, 向东移动 0.01° ; 由南北方向看, 向南移动 0.01° 。说明近年来长兴岛附近海域对盐业的开发的重心由东南部转移至西北, 但质心空间分布波动范围相对幅度较小, 说明盐田开发的不平衡性有所收敛, 东南方向和西北方向差异有所减小。

港口用海和工业用海质心在 2005—2016 年间波动范围较小, 始终在西山里附近移动, 分别在 121.24°E — 121.28°E , 39.52°N — 39.57°N ; 121.27°E — 121.30°E , 39.51°N — 39.54°N 之间变动。两种类型质心在各年段的变化趋势也较一致, 2005—2010 年间港口用海质心整体向西南方向迁移了 4.4 km, 工业用海质心也同向小幅度迁移 565.5 m。2010—2016 年间港口用海质心又向东北方向迁移 1.3 km, 工业用海质心也同向迁移了 3 km。可以看出, 港口用海和工业用海的质心分布变化并不明显, 移动范围一直在西山里港区附近, 原因是 2005 年以后, 政府开始重视临港工业的发展, 西山里港区作为长兴岛较大港区, 发展势态强劲, 其港区建设和工业区的工业化改造导致港口用海和工业用海的质心分布在 10 年内位置变化不大。

总体上看,长兴岛附近海域 1995—2016 年围填海质心先向东南迁移,后向西北方向移动,1995—2005 年间围填海主要集中在东南部,2005—2016 年间则基本稳定在西北方向,整体上质心在 121.41°E — 121.54°E , 39.43°N — 39.48°N 之间移动,整体从 1995 年 121.53°E 、 39.44°N 迁移到 2016 年 121.42°E 、 39.48°N ,由东西方向看,向东移动 0.11° ;由南北方向看,向南移动 0.04° 。范围主要位于长兴岛东南方向左屯与泡崖乡之间,说明该区域是长兴岛围填海开发的重要地区,凭借其独特的地理位置以及国家大力发展长兴岛经济的政策优势条件,该区域基础设施和产业结构快速发展,对长兴岛地区经济的发展起着重要的支撑^[18]。

3.2 景观格局分析

3.2.1 类型水平

分别以每 5 年为间隔将 1995—2016 年分为 5 个时间段,研究区不同时段各围海用地类型的景观格局指数如表 5 所示,可以明显看出,5 种类型斑块面积(CA)总体都呈上升趋势。其中围海养殖用海面积持续增长且涨幅最大,1995—2016 年共增长 8853.14 hm^2 ,盐业用海及未利用类型面积波动上升,港口用海及工业用海从 2005 年后开始大规模开发建设,面积持续增加。

表 5 不同年份各围填海类型景观格局指数变化

Table 5 Changes in landscape pattern indices for various reclamation types in the study area during different time periods

景观指数 Landscape index	年份 Year	围海养殖用海 Aquiculture	盐业用海 Salt industry	未利用类型 Unused waters	港口用海 Port	工业用海 Industry
斑块面积/ km^2 Patch area	1995	5744.25	10228.5	931.5	—	—
	2000	6576.64	14392.32	885.76	—	—
	2005	10712.25	14483.25	663.75	34.88	32.56
	2010	13977.6	14197.76	747.52	647.48	192.8
	2016	14597.39	13585.89	1501.78	3355.93	702.27
斑块密度/(个/ km^2) Patch density	1995	0.278	0.0355	0.0118	—	—
	2000	0.2105	0.0412	0.0092	—	—
	2005	0.1779	0.0348	0.0039	0.0116	0.0039
	2010	0.1487	0.0415	0.0035	0.0105	0.0043
	2016	0.0996	0.0374	0.0125	0.0014	0.0062
斑块形状指数/% Patch shape index	1995	1.45	1.62	1.26	—	—
	2000	1.54	1.93	1.22	—	—
	2005	1.69	1.90	1.34	1.21	1.50
	2010	1.72	1.91	1.39	1.24	1.50
	2016	1.70	1.84	1.32	1.59	1.44
最大斑块指数/% Largest patch index	1995	2.48	19.55	3.95	—	—
	2000	4.67	22.43	9.28	—	—
	2005	8.07	17.50	2.57	0.09	0.13
	2010	8.15	12.92	6.25	1.21	0.64
	2016	10.70	10.01	8.98	6.26	1.05

围海养殖用海及港口用海均呈现斑块密度(PD)减小、斑块形状指数(PSI)增加的趋势,说明这两种围填海类型破碎度在降低,斑块形状越来越复杂,而工业用海与之相反,斑块密度(PD)呈增大趋势,斑块形状指数(PSI)呈减小趋势。盐业用海及未利用类型的斑块密度(PD)及斑块形状指数(PSI)均呈增大趋势。长兴岛附近海域 20 年间优势围填海类型发生了改变,由 1995 年的盐业主导越发变为由围海养殖、盐业用海、工业和港口用海等多类型为主导的景观区域,这与政府对长兴岛区域的总体规划是相一致的。

3.2.2 景观水平

长兴岛附近海域 20 年间景观水平指数变化如表 6 所示: 1995—2016 年间景观斑块数量总体变化不大, 1995—2010 年间斑块总数基本保持不变,随着景观区域内自然景观被围填海进程消耗殆尽,破碎的小斑块被

人工景观替代,导致 2010—2016 年间,景观斑块数减少相对明显。从景观的多样性来看,景观内香农多样性指数和均匀度指数都呈现先降低后升高的趋势,说明该区域景观多样性先减小后增大,优势度先增高后降低,并且都在 2000 年达到最低,这主要由于在该时期大规模的围填海活动导致景观区域内自然景观受到人类干扰而大幅度减少,而以围海养殖池塘、盐业工厂为代表的人为建造景观斑块面积迅速增加,导致多样性指数下降。2005—2016 年间,景观内新增了港口用海和工业用海,围填海类型趋于丰富多元化,导致景观多样性上升,景观结构组成的复杂性增加。

表 6 1995—2016 年研究区景观水平指数变化
Table 6 Changes in landscape-level indices in the study area during 1995—2016

年份 Year	景观斑块数 (LDP)	香农多样性指数 (SHDI)	破碎度指数 (F_i)	均匀度指数 (SHEI)
1995	55	0.8305	1.0538	0.7559
2000	57	0.7664	1.0612	0.6976
2005	56	0.8014	1.0722	0.7134
2010	56	0.9169	0.8724	0.7238
2016	50	1.0369	1.0699	0.7479

3.3 围填海存量资源评估

研究区域内各类围填海存量资源面积统计见表 7。可以看出,该范围内围填海存量资源以填而未建区域面积最大,达到 10383.1 hm^2 ,占区域内围填海存量资源总面积的 47.2%,大多分布在长兴岛西部的北港区、南部的 STX 造船产业区及西南部的葫芦山湾综合港区附近,该区域原来规划为石化区、修造船区及港口区,但随着 2013 年 STX 大连的停产,引资项目真正落地的寥寥无几,造成许多海域资源填而未建,未能形成产能。其次是围而未填区域,存量资源面积达到 7567.7 hm^2 ,占区域内围填海存量资源总面积的 34.4%,多数分布在葫芦岛山湾附近,此处围填海工程存在停滞的现象,已实施围堰工程但未填充成土地。低效工业城镇用海存量资源占比为 10.7%,集中分布在停产的 STX 船厂及其东北方向的造船产业区附近,主要产业为船舶修造产业、船舶配套产业等,原为 STX、蒲项制铁等企业入驻,但由于 STX 项目的终止,导致该区域大范围建设用地变为低度利用区域。低效盐田及低效养殖用海存量资源数量较少,分别为 1419.1 hm^2 及 284.7 hm^2 ,分别占区域内围填海存量资源总面积的 6.44% 及 1.26%,分布在葫芦山湾以南、交流岛西北角、靠近 STX 工厂附近的船舶配套产业园区的区域,由于该区域一直以盐业及养殖业作为传统产业,开发强度始终较高,但受长兴岛投资环境影响,该区域部分被围填用海,导致养殖海域、盐业用海区域受影响,从而产生大量被废弃或低效盐田及低效养殖池塘。

表 7 各类围填海存量资源面积
Table 7 Area of various types of sea reclamation stock resource

名称 Type	面积 Area/ hm^2	占比 Percentage/%
填而未建区域 Filled-but-unbuilt area	10383.1	47.20%
围而未填区域 Encircled-but-unfilled area	7567.7	34.40%
低效工业城镇用海 Low-efficiency Industrial town	2353.9	10.70%
低效盐田 Low-efficiency salt field	1419.1	6.44%
低效养殖池塘 Low-efficiency aquaculture pond	284.7	1.26%
总计 Total	22008.5	100%

截止到 2016 年研究区总体围填海存量资源为 5502.125 hm^2 ,该区域的总体围填海利用效率较低,尚存有大量围海、填海未利用空间资源,造成了海洋空间资源和投资浪费。2017 年 5 月 19 日,国家海洋局出台了渤海区域暂停围填海审批的相关管控政策,未来该区域不能再新增围填海,应该加大围填海存量资源利用及挖潜的力度,促进海域资源的节约利用。

4 结论与展望

本文以长兴岛附近海域 1995 年、2000 年、2005 年、2010 年和 2016 年五期遥感影像作为基础,总结了 20 年来该区围填海演变的时空特点,对其景观格局变化进行了分析,并基于高分辨率遥感影像以及围填海存量资源的概念,对大连市长兴岛附近海域围填海存量资源进行分类和提取,并构建围填海存量资源指数,对围填海存量资源状况进行评估。得到结论如下:

(1)从时间上来看,长兴岛附近海域围填海年动态变化率在 2010—2016 年间最大,2000—2005 年间最小。从空间上来看,长兴岛附近海域围填海动态变化的区域差异较大,总体上看,长兴岛东南部为围填海动态发生的主要区域。

(2)在围填海演变的过程中,各个围填海类型的质心也发生了不同幅度且方向各异的转移。其中,未利用类型的质心调整幅度最大,达到 5.7 km;围海养殖用海面积的持续扩张导致质心由西北部向东南方向迁移;盐业用海的质心向长兴岛西偏北方向移动,但幅度不大;港口用海和工业用海的质心由西南向东北方向移动。整个研究区围填海质心呈现先向东南迁移,后又向西北迁移的趋势,说明长兴岛附近海域围填海开发的重点区域逐渐向北部偏移。

(3)从斑块类型水平上看,1995—2016 年间,长兴岛附近海域围填海面积不断加大,斑块密度整体减小,斑块形状指数和最大斑块指数呈增加趋势,多种围填海类型的小型斑块被整合,并积极向外扩展。从景观水平上看,研究区在 1995—2016 年间景观斑块数减小,破碎度升高,香农多样性指数和香农均匀度指数都呈现先降低后升高的趋势,且变化较为明显。研究区景观在人类活动影响下景观格局趋于复杂化,整体景观异质性升高。

(4)面向对象的围填海存量资源遥感影像分类提取方法能够精细地提取围填海存量资源信息,2016 年长兴岛附近海域围填海存量资源类型由高到低分别是填而未建、围而未填区域、低效工业城镇用海、低效盐田和低效养殖池塘,主要集中在长兴岛西北部及南部岸线。截止到 2016 年研究区围填海存量资源为 5502.125 hm^2 。

长兴岛附近海域大规模围填海开发后导致围填海区域闲置浪费、低效利用、功能单一等问题严重,目前国家海洋局已出台加强渤海区域生态环境保护、暂停围填海的相关管控政策,因此,该区域未来应加强对现有围填海存量资源的利用及提升围填海存量资源的利用效率,同时围填海彻底改变了海洋的空间属性,在一定程度上对近海的生态环境造成了极大的负面影响^[31-33],未来该区域应加强对海域生态环境的监测与评价,在国家海洋局围填海工程生态建设技术的指导下,未来该区域应加强对生境受损严重的、敏感和脆弱的生态过渡带区域进行围填海的生态整治修复工作,以期削弱围填海工程对海洋资源和海洋生态系统的负面影响。

本研究仅对长兴岛附近海域围填海的时空演变及存量资源做了初步分析,在此基础上对围填海利用效率的评价还有待进一步深入研究,且如何结合生态效应,探讨围填海对海岸带地区的具体影响,并提出合理改进建议,也应成为进一步研究重点。

参考文献 (References):

- [1] 方仁建,沈永明,时海东. 基于围垦特征的海滨地区景观格局变化研究——以盐城海岸为例. 生态学报, 2015, 35(3): 642-651.
- [2] El Banna M M, Frihy O E. Human-induced changes in the geomorphology of the northeastern coast of the Nile delta, Egypt. *Geomorphology*, 2009, 107(1/2): 72-78.
- [3] Yagoub M M, Kolan G R. Monitoring coastal zone land use and land cover changes of Abu Dhabi using remote sensing. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, 2006, 34(1): 57-68.
- [4] Kumar A, Narayana A C, Jayappa K S. Shoreline changes and morphology of spits along southern Karnataka, west coast of India: a remote sensing and statistics-based approach. *Geomorphology*, 2010, 120(3/4): 133-152.
- [5] 徐琼慧,李加林,袁麒麟,王明月,卢雪珠,杨磊. 象山港海岸带景观格局演化. 海洋学研究, 2015, 33(2): 47-56.
- [6] 李加林,徐琼慧,杨磊,刘永超,郭意新,姜忆渭,叶梦姚,史作琦. 浙江省海岸带景观生态风险格局演变研究. 水土保持学报, 2016, 30

- (1): 293-299, 314-314.
- [7] 彭建, 党威雄, 刘焱序, 宗敏丽, 胡晓旭. 景观生态风险评价研究进展与展望. 地理学报, 2015, 70(4): 664-677.
- [8] 解雪峰, 濮励杰, 朱明, 许艳, 王小涵, 徐彩瑶, 陈新建. 基于典范对应分析的滨海滩涂围垦区景观格局与土壤盐渍化关系. 地理研究, 2017, 36(3): 495-505.
- [9] 索安宁, 关道明, 孙永光, 林勇, 张明慧. 景观生态学在海岸带地区的研究进展. 生态学报, 2016, 36(11): 3167-3175.
- [10] 白军红, 房静思, 黄来斌, 邓伟, 李爱农, 孔博. 白洋淀湖沼湿地系统景观格局演变及驱动力分析. 地理研究, 2013, 32(9): 1634-1644.
- [11] 潘竞虎, 苏有才, 黄永生, 刘晓. 近 30 年玉门市土地利用与景观格局变化及其驱动力. 地理研究, 2012, 31(9): 1631-1639.
- [12] 孙钦帮, 苏媛媛, 马军, 谭敏. 长兴岛海岸线变化遥感动态监测及分形特征. 海洋环境科学, 2011, 30(3): 389-393.
- [13] 王彩艳, 王媛玲, 王介勇, 刘志高. 基于面向对象的北京市区城市内部用地信息提取. 自然资源学报, 2015, 30(4): 705-714.
- [14] 刘康, 覃帮勇, 牟伶俐, 李盛阳. 基于多时相遥感影像的围填海动态监测与变化分析——以辽宁省部分沿海县市为例. 海洋环境科学, 2017, 36(6): 911-917.
- [15] 王璵, 吴志峰, 李少英, 王帅帅, 张晓诗, 高群. 珠江口湾区海岸线及沿岸土地利用变化遥感监测与分析. 地理科学, 2016, 36(12): 1903-1911.
- [16] 刘永超, 李加林, 袁麒麟, 史小丽, 浦瑞良, 杨磊, 卢雪珠. 人类活动对港湾岸线及景观变迁影响的比较研究——以中国象山港与美国坦帕湾为例. 地理学报, 2016, 71(1): 86-103.
- [17] 杨俊, 单灵芝, 席建超, 李雪铭, 葛全胜. 南四湖湿地土地利用格局演变与生态效应. 资源科学, 2014, 36(4): 856-864.
- [18] 王泽宇, 卢雪凤, 孙才志, 韩增林, 董晓菲. 中国海洋经济重心演变及影响因素. 经济地理, 2017, 37(5): 12-19.
- [19] Liu Y Q, Long H L. Land use transitions and their dynamic mechanism: The case of the Huang-Huai-Hai Plain. Journal of Geographical Sciences, 2016, 26(5): 515-530.
- [20] 索安宁, 王鹏, 袁道伟, 于永海, 张明慧. 基于高空间分辨率卫星遥感影像的围填海存量资源监测与评估研究——以营口市南部海岸为例. 海洋学报, 2016, 38(9): 54-63.
- [21] 吴文挺, 田波, 周云轩, 舒敏彦, 戚纤云, 胥为. 中国海岸带围垦遥感分析. 生态学报, 2016, 36(16): 5007-5016.
- [22] Kuleli T. Quantitative analysis of shoreline changes at the Mediterranean coast in Turkey. Environmental Monitoring and Assessment, 2010, 167(1/4): 387-397.
- [23] Kuleli T, Guneroglu A, Karsli F, Dihkan M. Automatic detection of shoreline change on coastal Ramsar wetlands of Turkey. Ocean Engineering, 2011, 38(10): 1141-1149.
- [24] 孙才志, 张坤领, 邹玮, 王泽宇. 中国沿海地区人海关系地域系统评价及协同演化研究. 地理研究, 2015, 34(10): 1824-1838.
- [25] Lie H J, Cho C H, Lee S, Kim E S, Koo B J, Noh J H. Changes in marine environment by a large coastal development of the saemangeum reclamation project in Korea. Ocean and Polar Research, 2008, 30(4): 475-484.
- [26] 李清泉, 卢艺, 胡水波, 胡忠文, 李洪忠, 刘鹏, 石铁柱, 汪驰升, 王俊杰. 海岸带地理环境遥感监测综述. 遥感学报, 2016, 20(5): 1216-1229.
- [27] Ryu J H, Choi J K, Lee Y K. Potential of remote sensing in management of tidal flats: A case study of thematic mapping in the Korean tidal flats. Ocean & Coastal Management, 2014, 102: 458-470.
- [28] 王桥, 刘思含. 国家环境遥感监测体系研究与实现. 遥感学报, 2016, 20(5): 1161-1169.
- [29] 高超, 金凤君. 沿海地区经济技术开发区空间格局演化及产业特征. 地理学报, 2015, 70(2): 202-213.
- [30] 杨依天, 郑度, 张雪芹, 刘羽. 1980-2010 年和田绿洲土地利用变化空间耦合及其环境效应. 地理学报, 2014, 68(6): 813-824.
- [31] 彭文君, 舒英格. 喀斯特山区县域耕地景观生态安全及演变过程. 生态学报, 2018, 38(3): 852-865.
- [32] 朱长明, 李均力, 张新, 骆剑承. 近 40a 来博斯腾湖水资源遥感动态监测与特征分析. 自然资源学报, 2015, 30(1): 106-114.
- [33] 刘富强, 吴涛, 蒋国俊, Meng X L, 童丽颖, 张勇, 索安宁, 朱丽东. 海岸线与海岸景观格局对人为干扰度的动态响应——以营口市南部海岸为例. 生态学报, 2017, 37(22): 7427-7437.