

辽东湾滨海湿地现状遥感调查

孙晶¹, 刘长安^{2*}, 刘玉安², 王珏¹ (1. 大连海洋大学, 辽宁大连 116023; 2. 国家海洋环境监测中心, 辽宁大连 116023)

摘要 [目的]研究辽东湾滨海湿地资源现状及其驱动因子。[方法]采用2014年Landsat-8卫星数据以及2013年天绘01-01卫星数据和资源3号卫星数据,通过遥感(RS)和地理信息系统(GIS)技术,结合野外滨海湿地调查,提取辽东湾滨海湿地类型、面积及空间分布,在此基础上结合1986年和2000年的遥感调查数据,进行资源分布的驱动力分析。[结果]辽东湾滨海湿地面积为 $4.22 \times 10^5 \text{ hm}^2$,其中自然滨海湿地和人工滨海湿地面积分别为 3.62×10^5 和 $0.60 \times 10^5 \text{ hm}^2$,分别占辽东湾滨海湿地总面积的86%和14%;淤泥质滩涂主要分布在小凌河口与盖州市团山街道西崴子村之间,碱蓬和芦苇主要分布在小凌河口至辽河口之间且呈现零星散落分布,养殖池、沙滩、库塘等全区均有分布,盐田主要分布在长兴岛及附近区域。影响辽东湾滨海湿地资源分布的驱动因子主要是围填海活动、侵蚀与淤积作用、内外力复合作用。[结论]该研究结果可为滨海湿地资源保护、合理开发利用及管理提供数据和决策依据。

关键词 辽东湾滨海湿地;遥感;资源现状;驱动因子

中图分类号 S127 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2017)08-0074-04

Remote Sensing Investigation of Coastal Wetland Status in Liaodong Bay

SUN Jing¹, LIU Chang-an^{2*}, LIU Yu-an² et al (1. Dalian Ocean University, Dalian, Liaoning 116023; 2. National Marine Environmental Monitoring Center, Dalian, Liaoning 116023)

Abstract [Objective] To investigate the status of coastal wetland resources in Liaodong Bay and its driving factors. [Method] Based on Landsat-8 satellite data in 2014, TH 01-01 satellite data and ZY-3 satellite data in 2013, using remote sensing (RS) and geographic information system (GIS) technologies, combined with field investigation on coastal wetland, the types, area and spatial distribution of coastal wetland in Liaodong Bay were extracted. On this basis, the driving forces for the distribution of resources were analyzed by using the data of RS survey in 1986 and 2000. [Result] The area of coastal wetland in Liaodong Bay was $4.22 \times 10^5 \text{ hm}^2$. The areas of natural coastal wetland and artificial coastal wetland were 3.62×10^5 and $0.60 \times 10^5 \text{ hm}^2$ respectively, which took 86% and 14% of total area of coastal wetlands in Liaodong Bay respectively. Muddy tidal flats mainly distributed between the estuary of Xiaolinghe River and Xiwaizi Village of Tuanshan Street in Gaizhou City. Seepweed and reed mainly distributed between the estuary of Xiaolinghe River and the estuary of Liaohe River, showing the sporadic scattered distribution. Aquaculture pool, beach and ponds distributed in the whole research region. And breeding, pond, etc all have distribution in the region. Salt field mainly distributed in Changxing Island and its surrounding regions. The main driving factors that influenced the distribution of coastal wetland resources in Liaodong Bay were reclamation activities, erosion and sedimentation and composite actions. [Conclusion] The research results can provide data and decision-making basis for protection, reasonable development, utilization and management of coastal wetland resources.

Key words Liaodong Bay coastal wetland; Remote sensing; Resource status; Driving factors

湿地是地球上一种重要、独特、多功能的生态系统,具有降解污染、美化环境、调节气候和防风护岸等功能,被誉为“地球之肾”^[1-2]。滨海湿地是指低潮时水深不超过6m的水域及其沿岸浸湿地带,包括水深不超过6m的永久性水域、潮间带和沿海低地等^[3]。滨海湿地受潮汐、近岸海水动力及人类活动的影响,仅通过传统野外调查手段难以获得全面详细的实测数据,而遥感是一种远距离、非接触目标的探测技术,能快速、客观地提供全面、翔实的宏观信息,因此结合遥感技术能有效地进行滨海湿地资源调查研究^[4-6]。

目前,已有不少国内外学者利用遥感(RS)和地理信息系统(GIS)技术对滨海湿地进行了研究。刘红玉等^[7]利用RS和GIS技术,对环渤海地区的辽河三角洲和黄河三角洲滨海湿地资源现状进行了研究,分析了2个三角洲滨海湿地资源特点的差异及变化,分析了滨海湿地变化对生态功能的影响;张华等^[8]基于RS和GIS技术,对2000年辽宁省滨海湿地的资源类型和景观格局进行了调查研究,得到滨海湿地的面积及景观多样性指数;左平等^[9]利用1987、1992、1997、2002和2007年的遥感数据,对近40年来江苏省盐城滨海湿地的景观变化和驱动力进行了分析,结果表明自然滨海湿地

面积减少,人工滨海湿地面积增加,景观破碎化程度加剧,驱动力主要是人类活动的干扰;温庆可等^[10]在RS技术的支持下,利用2000、2005和2008年的卫星遥感数据,对环渤海滨海湿地进行了遥感监测,分析了时空格局变化特点和驱动机制;Dipson等^[11]为了管理被工业化和城市扩张侵占的滨海湿地,采用RS和GIS技术,运用1944—2009年多颗卫星数据对印度南部Ernakulam区河口滨海湿地进行了动态变化研究。

辽东湾是我国滨海湿地典型研究区域之一,其滨海湿地资源给人类带来了巨大的生态、经济和社会效益。近年来,工业化和城市扩张使围填海活动加速,开发污染严重,导致辽东湾自然滨海湿地不断减少,生物多样性日益降低^[12],因此有必要掌握辽东湾滨海湿地目前的资源类型与分布。笔者利用2014年遥感影像,结合RS技术、GIS技术和野外滨海湿地调查,提取了辽东湾滨海湿地的资源类型、面积及空间分布,并在此基础上进行了资源分布的驱动力分析。

1 材料与方法

1.1 研究区概况 研究区为辽东湾区域,西起辽宁省与河北省分界线,东到辽东半岛西侧的普兰店湾,包括海岸线到低潮时水深为6m等深线之间的区域,总面积为 $4.92 \times 10^5 \text{ hm}^2$;沿岸城市有大连、营口、盘锦、锦州、葫芦岛,其中大连是指普兰店和瓦房店的部分地区,注入的河流主要有辽河、大凌河等。图1中棕色部分为研究区范围。

基金项目 海洋公益性行业科研专项(201305021-04)。

作者简介 孙晶(1990—),女,黑龙江哈尔滨人,硕士研究生,研究方向:滨海湿地保护与修复。*通讯作者,研究员,博士,从事滨海湿地保护与修复研究。

收稿日期 2016-12-23

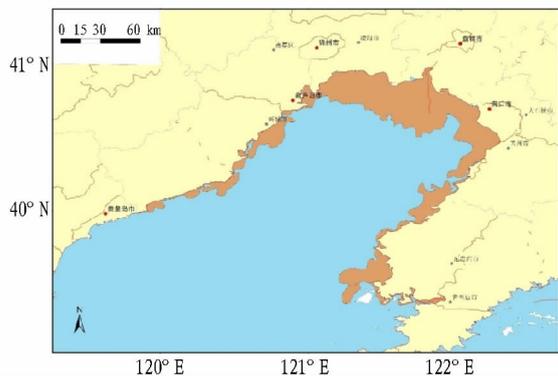


图 1 辽东湾滨海湿地研究区域

Fig. 1 The research region of coastal wetlands in Liaodong Bay

1.2 数据来源 研究所用的数据包括遥感数据和非遥感数据。遥感数据主要包括 5 景 2014 年 30 m 分辨率的 Landsat-8 卫星影像、11 景 2013 年 5 m 分辨率的天绘 01-01 和 2 景 2013 年 5.8 m 分辨率的资源 3 号卫星影像。遥感影像的获取原则如下:以 2014 年 7—9 月(植物生长旺季)为主,要求图像清晰,云量少,即云及云影覆盖不超过 10%。非遥感数据包括 1999 年 1:50 000 地形图、GPS 定位数据、我国滨海湿地专题报告、辽宁省海洋功能区划文本及各种文献资料等。

1.3 研究方法 参考国家林业局《湿地公约》和遥感成像机理、解译标志、野外滨海湿地调查结果^[13-15],建立了辽东湾滨海湿地分类系统(表 1)。其中,一级类型 2 个,二级类型 8 个,三级类型 12 个;滩涂分为淤泥质滩涂和沙滩,滨海沼泽分为碱蓬和芦苇,天然水域分为浅海、河口水域和潮沟。

辽东湾滨海湿地的景观差异性明显,为保证分类精度,

表 1 辽东湾滨海湿地分类系统

Table 1 The classification system of coastal wetlands in Liaodong Bay

一级类型 First-class type	二级类型 Second- class type	三级类型 Third-class type
自然滨海湿地 Natural coastal wetland	滩涂	淤泥质滩涂 沙滩
	河心洲 滨海沼泽	河心洲 碱蓬 芦苇
	天然水域	浅海 河口水域 潮沟
人工滨海湿地 Artificial coastal wetland	养殖池	养殖池
	盐田 库塘	盐田 库塘
	稻田	稻田

采用人机交互式解译并结合野外滨海湿地调查,提取辽东湾滨海湿地分类信息。主要技术流程如下:①数据预处理,包括辐射校正、几何精校正、研究区拼接、匀色、裁剪和数据融合等,其中几何精校正误差控制在 0.3 个像元以内^[16]。②制作 2014 年辽东湾滨海湿地类型基础底图,完成室内预判,并对解译不明确的图斑做标记。③野外调查。针对遥感影像解译结果不明确的图斑,设定野外调查路线及 93 个具有代表性的调查站位。④修正分类底图,建立解译标志。根据野外调查结果,对 2014 年滨海湿地类型基础底图进行修正和编辑,并建立辽东湾滨海湿地类型解译标志(表 2)。⑤分类后处理,将分类图中不合理的“类别噪声”,做“平滑滤波”处理。⑥精度验证。将野外调查的 93 个调查站位结果与遥感调查结果进行比较,结果表明综合精度在 95% 以上。⑦在 ENVI 4.8 和 ArcGIS 10.2 软件平台上,完成辽东湾滨海湿地类型及空间分布图的制作。

表 2 辽东湾滨海湿地类型解译标志

Table 2 The interpretation marks for types of coastal wetland in Liaodong Bay

类别 Sort	类型 Types	NIR/R/G 波段合成 NIR/R/G band synthesis	形状 Shape	色调 Color tone	纹理 Texture
自然滨海湿地 Natural coastal wetland	淤泥质滩涂		片状或条带状	靛青色	较细腻
	沙滩		条带状	中间白色,近海青绿色, 近岸褐色	较细腻
	河心洲		带状或不规则形状	青色、蓝色	较粗糙
	碱蓬		不规则形状	褐红色	较粗糙

接下表

续表 2

类别 Sort	类型 Types	NIR/R/G 波段合成 NIR/R/G band synthesis	形状 Shape	色调 Color tone	纹理 Texture
人工滨海湿地 Artificial coastal wetland	芦苇		无规则形状	粉红色	均一, 有不规则水系痕迹
	浅海		面状	深青色	细腻
	河口水域		自然弯曲或局部明显平直边界明显	水绿色	细腻
	潮沟		自然弯曲或局部明显平直边界明显	中间是墨绿色, 两边是土黄色	细腻
	养殖池		较规则的条带状	深青或水绿色	边界清晰, 黑白相间
	盐田		规则矩形且连片分布	深绿或白色	边界清晰, 方格状灰白相间, 粗糙
	库塘		几何形状明显, 多为规则形状	深青或蓝黑色	细腻
	稻田		形状规则	蔷薇红色	细腻

2 结果与分析

2.1 面积统计及空间分布特征 研究区总面积为 $4.92 \times 10^5 \text{ hm}^2$, 而滨海湿地面积为 $4.22 \times 10^5 \text{ hm}^2$, 约占总面积的 86%。其中, 自然滨海湿地和人工滨海湿地面积分别为 3.62×10^5 和 $0.6 \times 10^5 \text{ hm}^2$, 所占辽东湾滨海湿地总面积的比例分别约为 86% 和 14%。自然滨海湿地中面积最大的是浅海, 占滨海湿地总面积的 79.84%; 其次是河口水域, 占滨海湿地总面积的 2.12%; 淤泥质滩涂和沙滩分别占 1.39% 和 0.27%, 即滩涂面积占 1.66%; 碱蓬和芦苇分别占 1.36% 和 0.71%, 即滨海沼泽面积占 1.97%, 比滩涂面积所占比例略高; 潮沟面积仅占 0.03%, 而河心洲面积所占比例远低于 0.01%, 可近似为 0。人工滨海湿地中养殖池面积最大, 为 50754.69 hm^2 , 占滨海湿地总面积的 12.03%; 盐田面积为 8659.91 hm^2 , 占 2.05%; 库塘和稻田面积较小, 面积分别占 0.14% 和 0.05% (表 3)。从图 2 可以看出, 淤泥质滩涂主要分布在小凌河口与盖州市团山街道西崴子村之间, 盘锦和锦州市滩涂面积比重最大; 碱蓬、芦苇主要分布在小凌河口至辽河口之间且呈现零星散落分布, 盘锦市是整个研究区内碱蓬和芦苇分布面积最多最集中的地方; 养殖池、沙滩、库塘等在整个研究区均有分布, 其中养殖池在辽东湾沿岸各市均有

大面积分布, 锦州市面积分布最大; 盐田主要分布在长兴岛及附近区域, 几乎都分布在大连市。

表 3 辽东湾滨海湿地类型和面积

Table 3 The types and area of coastal wetland in Liaodong Bay

类别 Sort	类型 Type	面积 Area hm^2	占比 Percentage %
自然滨海湿地 Natural coastal wetland	淤泥质滩涂	5 845.43	1.39
	沙滩	1 157.35	0.27
	河心洲	11.30	0
	碱蓬	5 749.26	1.36
	芦苇	3 013.99	0.71
	浅海	336 864.60	79.84
	河口水域	8 949.91	2.12
人工滨海湿地 Artificial coastal wetland	潮沟	139.44	0.03
	养殖池	50 754.69	12.03
	盐田	8 659.91	2.05
	库塘	592.98	0.14
	稻田	197.94	0.05

2.2 驱动因子分析 结合刘秀云等^[17] 1986 年和 2000 年的遥感调查数据可知, 1986 年自然滨海湿地占 43.94%, 人工滨海湿地占 56.06%; 2000 年, 自然滨海湿地占 30.69%, 人工

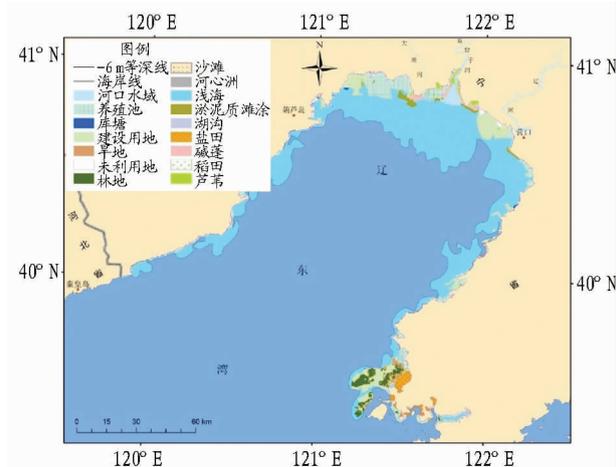


图2 辽东湾滨海湿地类型及空间分布

Fig.2 The types and spatial distribution of coastal wetland in Liaodong Bay

滨海湿地占 69.31%；2015 年自然滨海湿地占 20.91%，人工滨海湿地占 79.09%（2015 年数据计算时除去浅海水域和河口水域）。研究表明，在人类活动干扰下，辽东湾自然滨海湿地占滨海湿地总面积的比率呈下降趋势，正向人工滨海湿地演变。人类活动表现在围填海活动、油田开发、路桥建设、观光旅游等，自然因素表现在海岸的侵蚀与淤积作用、海平面上升、自然演替等。其中，围填海活动、侵蚀与淤积作用、内外力复合作用是影响辽东湾滨海湿地资源分布的主要驱动因子。

2.2.1 围填海活动。围填海活动使研究区内自然滨海湿地直接转变为人工滨海湿地和建设用地，是影响滨海湿地资源分布的主要人为因素。养殖池给人们带来可观的经济利益，已成为围填海活动的主体，辽东湾沿岸各市的养殖池面积均达数千公顷，其中大连在原有养殖池的基础上，将盐田逐渐改为养殖池；原本属于自然滨海湿地的滩涂，在人为因素围填海活动的干扰下，使建业乡、大有乡和西八千乡的哈达铺—四沟—大白楼—裤裆沟—三道沟连线附近形成大面积的养殖池；盘锦填海后又建设了港口，改变了自然海岸线，这些围填海活动都将破坏周围的自然生态环境。

2.2.2 侵蚀与淤积作用。葫芦岛绥中和营口鲅鱼圈一带的河流泥沙量减少，加上近年来全球变暖海平面上升的自然因素，使侵蚀作用对该地区影响较为严重；淤积作用主要体现在对双台子河口淤泥质海岸的影响，部分近陆浅海水域淤积为滩涂，河口水域变为滩涂或碱蓬，鸳鸯岛东、南外缘淤积扩张。

2.2.3 内外力复合作用。内外力复合作用是指自然因素和人为因素共同作用改变资源类型。盘锦红海滩是其典型代表，公路修建前以自然因素淤积作用为主，即内力，滨海公路修建后在公路修建外力作用下加速其淤积，使滩涂面积逐渐

增加，红海滩旅游公司管理处又在此处种植碱蓬，属于人为因素，使滩涂逐渐演替为碱蓬。

3 结论

此次遥感调查表明，目前辽东湾滨海湿地资源现状如下：淤泥质滩涂主要分布在小凌河口与盖州市团山街道西崴子村之间，碱蓬、芦苇主要分布在小凌河口至辽河口之间且呈现零星散落分布，养殖池、沙滩、库塘等全区均有分布，盐田主要分布在长兴岛及附近区域。辽东湾滨海湿地在人类活动干扰下，自然滨海湿地占总面积的比率呈下降趋势，正向人工滨海湿地演变。围填海活动、侵蚀与淤积作用和内外力复合作用是影响辽东湾滨海湿地资源变化的主要驱动因子。

目前，辽东湾滨海湿地正在大力推行退养还滩的政策，使芦苇和碱蓬等人工滨海湿地的面积不断加大，但其生态效益功能远不及自然滨海湿地，因此应保护自然滨海湿地资源，合理开发利用和管理，实现生态、经济和社会效益一体化。此外，在应用遥感方法进行滨海湿地信息提取时，滩涂受潮汐变化的影响，可能使滩涂的测量结果不够精确，有待今后深入研究。

参考文献

- [1] 牛振国, 官鹏, 程晓, 等. 中国湿地初步遥感制图及相关地理特征分析[J]. 中国科学(D 辑: 地球科学), 2009, 39(2): 188-203.
- [2] WERG (Wetland Ecosystems Research Group). Wetland functional analysis research program [M]. London: College Hill Press, 1999.
- [3] 关道明. 中国滨海湿地[M]. 北京: 海洋出版社, 2012.
- [4] 刘祖文. 3S 原理与应用[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2006.
- [5] 赵惠, 张海英, 李娜娜, 等. 中国湿地遥感研究现状与趋势评述[J]. 地理与地理信息科学, 2010, 26(2): 62-66.
- [6] 孔凡亭, 郗敏, 李悦, 等. 基于 RS 和 GIS 技术的湿地景观格局变化研究进展[J]. 应用生态学报, 2013, 24(4): 941-946.
- [7] 刘红玉, 吕宪国, 刘振乾. 环渤海三角洲湿地资源研究[J]. 自然资源学报, 2001, 16(2): 101-106.
- [8] 张华, 苗苗, 孙才志, 等. 辽宁省滨海湿地资源类型及景观格局分析[J]. 资源科学, 2007, 29(3): 139-146.
- [9] 左平, 李云, 赵书河, 等. 1976 年以来江苏盐城滨海湿地景观变化及驱动力分析[J]. 海洋学报, 2012, 34(1): 101-108.
- [10] 温庆可, 张增祥, 徐进勇, 等. 环渤海滨海湿地时空格局变化遥感监测与分析[J]. 遥感学报, 2011, 15(1): 192-200.
- [11] DIPSON P T, CHITHRA S V, AMARNATH A, et al. Spatial changes of estuary in Emakulam district, Southern India for last seven decades, using multi-temporal satellite data[J]. Journal of environmental management, 2015, 148: 134-142.
- [12] HAYASHI M, QUINTON W L, PIETRONIRO A, et al. Hydrologic functions of wetlands in a discontinuous permafrost basin indicated by isotopic and chemical signatures[J]. Journal of hydrology, 2004, 296(4): 81-97.
- [13] 国家林业局《湿地公约》履约办公室. 湿地公约履约指南[M]. 北京: 中国林业出版社, 2001.
- [14] 李玉凤, 刘红玉. 湿地分类和湿地景观分类研究进展[J]. 湿地科学, 2014, 12(1): 102-108.
- [15] 牟晓杰, 刘兴士, 阎百兴, 等. 中国滨海湿地分类系统[J]. 湿地科学, 2015, 13(1): 19-26.
- [16] 彭望球, 白振平, 刘湘南, 等. 遥感概论[M]. 北京: 高等教育出版社, 2002.
- [17] 刘秀云, 满瀛. 辽东湾湿地动态变化遥感监测与分析[J]. 辽宁城乡环境科技, 2003, 23(5): 26-29.