

# 基于土地利用变化的 1987—2017 年胶州湾潮滩湿地 时空特征及成因分析

王志成<sup>1,2</sup>, 高志强<sup>1</sup>

(1.中国科学院 烟台海岸带研究所, 山东 烟台 264003; 2.中国科学院大学, 北京 100049)

**摘要:**为了探究胶州湾潮滩湿地的时空特征及其成因,首先通过面向对象分类的方法从遥感影像中提取胶州湾周边地区 1987—2017 年的土地利用变化信息,同时利用潮汐校正模型对土地利用类型中的裸潮滩进行校正以获得真正的潮滩湿地空间范围。随后分析了胶州湾周边地区 1987—2017 年的土地利用变化特征以及胶州湾潮滩湿地的时空特征,并从土地利用变化方面分析了胶州湾 1987—2017 年潮滩湿地时空特征的成因。结果表明:(1)胶州湾周边的土地利用类型以耕地、建设用地以及林地为主,且近 30 年的耕地面积逐渐减少,建设用地面积逐渐增加,林地面积先减少后增加,其他土地利用类型呈现无规律的变化;(2)潮滩湿地在 30 年间不断减少,减少速度逐渐减慢,而潮滩湿地的上边界随着时间的推移不断向胶州湾内部推进;(3)围填海活动是胶州湾潮滩湿地变化的主要成因,建设用地、草地、裸地以及内陆水域是围填海之后的主要土地利用方式。综上,胶州湾潮滩湿地上边界逐年向海推进,面积逐渐减少,潮滩湿地所减少的部分主要转变为建设用地、草地、裸地以及内陆水域,这主要由围填海活动所致。

**关键词:**胶州湾;土地利用变化;潮滩湿地;围填海活动

中图分类号:TP79; P748; F301.24

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2020)06-0196-06

## Analysis on Spatiotemporal Characteristics and Causes of Tidal Flat Wetland in Jiaozhou Bay from 1987 to 2017 Based on Land Use Change

WANG Zhicheng<sup>1,2</sup>, GAO Zhiqiang<sup>1</sup>

(1.Yantai Institute of Coastal Zone Research, Chinese Academy of Sciences, Yantai, Shandong 264003, China; 2.University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

**Abstract:** In order to explore the spatiotemporal characteristics and causes of tidal flat wetland in Jiaozhou Bay, we firstly extracted the LUCC information of the surrounding area of Jiaozhou Bay from remote sensing images from 1987 to 2017 by means of object-oriented classification, and at the same time used the tidal calibration model to correct the bare tidal flats in the land use types to obtain the real tidal flat wetland spatial scale. Then, we analyzed the LUCC characteristics of the surrounding area of Jiaozhou Bay from 1987 to 2017 and the spatiotemporal characteristics of the tidal flat wetland in Jiaozhou Bay, and the causes of the spatiotemporal characteristics of the tidal flat wetland in Jiaozhou Bay from 1987 to 2017 from the perspective of LUCC. The results showed that: (1) cultivated land, build-up areas and forest areas are the main land-use types of study area; cultivated land decreased and built-up areas increased while forest areas decreased firstly and then increased during study period; (2) the area of tidal flat wetland decreased and the decreasing rate slowed down gradually; while the upper bounds of tidal flat wetland tended to move towards the inside of Jiaozhou Bay; (3) the reclamation activity of sea was the main reason for the changes of tidal flat wetland; build-up areas, grass land, bareland and inland water were the main land-use types after reclamation activity of sea. To sum up, the upper bounds of tidal flat wetland in Jiaozhou Bay pushed towards the sea year by year, and the area gradually reduced. The reduced part of tidal flat wetland was mainly transformed into build-up areas, grassland, bare land and inland

收稿日期:2020-01-11

修回日期:2020-03-04

资助项目:国家自然科学基金(41876107);山东省联合资助项目(U1706219);中国科学院海洋大科学研究中心重点部署项目(COMS2019J02);中国科学院前沿科学重点研究计划(ZDBS-LY-7010)

第一作者:王志成(1995—),男,山东青岛人,硕士研究生,研究方向为海岸带遥感。E-mail:zcwang@yic.ac.cn

通信作者:高志强(1966—),男,山东滨州人,博士,研究员,主要从事海洋灾害、海岸带土地利用研究。E-mail:zqgao@yic.ac.cn

waters, which was mainly caused by reclamation activity of sea.

**Keywords:** Jiaozhou Bay; LUCC; tidal flat wetland; reclamation activity of sea

潮滩湿地连接着海洋和陆地,是海洋和陆地之间的过渡地带,是海洋和陆地进行物质交换的重要平台<sup>[1]</sup>,也是全球“蓝碳”的重要组成部分之一<sup>[2]</sup>,此外,潮滩湿地也拥有着丰富的生态资源,可以为鸟类提供栖息地,为两栖动物提供繁殖地<sup>[3]</sup>。随着我国改革开放后经济的不断发展,沿海潮滩湿地面积不断减少,利用遥感技术监测潮滩湿地已成为学者的研究热点,苏岫等<sup>[4]</sup>构建了生态承载力评价体系并对长江经济带附近的滩涂生态承载力进行评估;张媛媛等<sup>[5]</sup>利用遥感水边线最外边界方法对 2009—2017 年的江苏近岸潮滩进行提取并进行变化分析;彭小家等<sup>[6]</sup>基于遥感数据对乐清湾海岸线进行提取并计算了滩涂的转化规律,分析了海岸线和海岸湿地变化的驱动力;杨慧等<sup>[7]</sup>利用三期遥感数据并通过相同潮位对比分析法对胶州湾 30 a 的潮间带面积变化以及质心的时空分布进行分析;王小丹等<sup>[8]</sup>利用相同潮位分析法对曹妃甸地区潮间带的演变特征进行了分析;Yagoub 等<sup>[9]</sup>通过多时相 Landsat 卫星数据评估和量化了阿拉伯联合酋长国首都阿布扎比市海岸带的土地利用变化情况;Misra 等<sup>[10]</sup>通过遥感数据对印度 Gujarat 南部地区 1990—2014 年的土地利用变化情况以及潮滩湿地变化情况进行了研究分析。然而,很少有学者从土地利用变化的角度对近 30 a 胶州湾潮滩湿地的时空特征以及成因进行研究,因此本文采用面向对象分类的方法对遥感数据进行分类以得到胶州湾周边地区近 30 a 的土地利用变化信息,随后利用潮位校正模型对土地利用类型中的裸潮滩进行校正以得到真正的潮滩湿地空间分布范围,最后基于土地利用变化信息,分析胶州湾潮滩湿地的时空特征及其成因。本文可为胶州湾潮滩湿地的可持续开发与管理提供数据与技术参考。

## 1 研究区概况

研究区为胶州湾及其周边地区,位于山东省胶东半岛的南部,经纬度范围分别为  $119^{\circ}51'—120^{\circ}47'E$ ,  $35^{\circ}42'—36^{\circ}29'N$ ,面积约为  $7\ 287\text{ km}^2$ 。其行政区包括青岛市区、黄岛区、胶南市、胶州市以及即墨区。气候为温带季风性气候,一年中的最低温度为  $-6^{\circ}\text{C}$ ,最高气温为  $29^{\circ}\text{C}$ 。地势南高北低。研究区内的主要土地利用类型为耕地、建设用地以及林地,而潮滩湿地面积较小。我国实行改革开放政策后,研究区内的人口数量迅速增长、经济快速发展,土地利用与覆被格局发生了剧烈

变化,陆地边界不断向胶州湾内部推进,造成潮滩湿地不断变化。因此有必要从土地利用变化的角度对研究区近 30 a 的潮滩湿地变化状况进行研究。

## 2 研究方法

### 2.1 数据来源

研究所用数据分为潮汐数据和遥感数据,潮汐数据从海事服务网获取得到,海事服务网的网址为: <https://www.cnss.com.cn/tide/>。

遥感数据为 Landsat TM/ETM+/OLI 数据,数据均从地理空间数据云网站(<http://www.gscloud.cn>)下载获得,为 Level1T 地形矫正影像。空间分辨率为  $30\text{ m}$ ,数据的云量小于  $5\%$ ,时间覆盖范围为 1987—2017 年,且影像成像时间为每年的 10—11 月份,时间间隔为 6 a。

### 2.2 土地利用变化信息与潮滩上边界提取

由于面向对象的分类方法克服了传统基于像元分类方法“椒盐效应”的缺点,并且能够充分利用空间信息(如:对象之间的空间位置关系、纹理结构等),因此数据预处理(辐射定标、大气校正以及研究区裁剪)完毕后,利用 eCognition 9.0 软件对影像进行多尺度分割以产生影像对象,采用面向对象的方法对影像进行分类,将遥感影像中的地物所对应的土地利用类型分为耕地、建设用地、草地、林地、裸潮滩、道路、裸地以及内陆水域。分类完毕后,利用 updating 和 back-dating 方法对分类结果进行修正<sup>[11]</sup>,同时对裸潮滩上边界进行目视检查和人工修正<sup>[12]</sup>,最后对分类结果进行精度评价<sup>[13]</sup>,分类结果的总体精度大于  $84\%$ ,满足后续研究分析的精度要求。此时,土地利用类型中的裸潮滩的上边界即为本研究所要提取的潮滩湿地上边界。而裸潮滩的下边界只是卫星成像时刻的瞬时边界,并非本文所需的潮滩湿地下边界,因此需要进一步对潮滩湿地的下边界进行提取。

### 2.3 潮滩湿地下边界提取

本文认为潮滩湿地下边界即为当年平均低潮位线<sup>[14]</sup>,因此下边界使用潮位校正的方法进行确定<sup>[15]</sup>。如图 1 所示, $\widehat{HF}$ 为当年平均低潮位线, $\widehat{EK}$ 为水边线, $\widehat{DM}$ 为相邻水边线,线段 NP 为潮滩湿地上边界,线段 AF, BE, CD 分别为平均低潮位线、水边线以及相邻水边线对应的潮位高。由于研究区内的潮滩湿地面积较小,因此通过目视解译的方法确定水边线。本文需要计算平均低潮位线与水边线之间的距

离,即线段 AB 的长度。计算公式如下:

$$L_{AB} = \frac{(L_{BE} - L_{AF}) \times L_{BC}}{L_{CD} - L_{BE}}$$

式中: $L_{AB}$ ,  $L_{BE}$ ,  $L_{AF}$ ,  $L_{BC}$ ,  $L_{CD}$  分别为线段 AB, BE, AF, BC, CD 对应的长度。其中,水边线与相邻水边线之间的距离  $L_{BC}$  通过 ArcGIS 软件中的量测工具获得,通过查询潮汐表获得每 1 年前 50 名最低潮高,并将其求平均获得平均低潮位线对应的潮位高度  $L_{AF}$ ,而水边线或瞬时水边线对应的潮位高  $L_{BE}$ ,  $L_{CD}$  则通过实时水边线潮位高程计算公式<sup>[14]</sup> 获得。 $L_{AB}$  计算完毕后,通过 ArcGIS 中的 Buffer 工具生成缓冲区得到潮滩湿地的下边界。

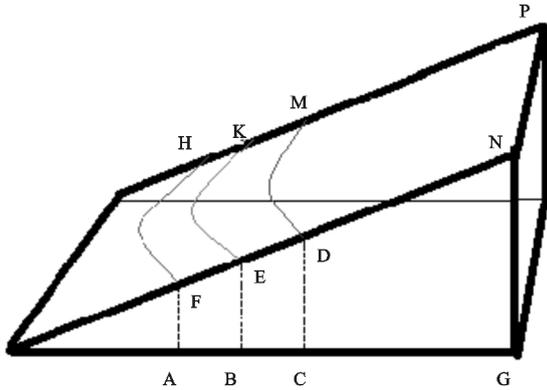


图 1 潮位校正模型<sup>[15]</sup>

由于潮滩湿地的下边界受到人类活动的影响小,主要受到自然因素的影响,因此本文认为通过计算获得的潮滩湿地下边界在空间分布上应趋于一致。而 2017 年 2 月 11 日获取的数据所对应的瞬时潮高为 3 cm, 该

年的平均低潮位为 -1.66 cm, 二者极其接近, 通过计算得到 2017 年 2 月 11 日的  $L_{AB}$  为 55 m, 本文以 2017 年计算得到的潮滩湿地下边界为基准, 对其他时间的潮滩湿地下边界进行校正。

## 2.4 围填海信息提取

通过 ArcGIS 软件中的叠加分析工具, 对相邻时期的潮滩湿地的矢量数据以及土地利用变化数据进行叠加分析, 得到导致胶州湾近 30 a 潮滩湿地发生变化的围填海信息。对围填海之后的各土地利用类型面积进行统计, 得到围填海土地利用结构信息。

## 3 结果与分析

### 3.1 近 30 a 胶州湾周边土地利用变化

胶州湾及其周边地区近 30 a 来的土地利用变化情况见表 1, 土地利用类型的空间分布见图 2, 主要表现为: 耕地面积不断减少, 由 1987 年的 36.63% 减少到 2017 年的 17.10%, 面积总共减少了 1 422.63 km<sup>2</sup>; 建设用地面积不断增加, 由 1987 年的 7.16% 增加到 2017 年的 19.84%, 面积总共增加了 924.49 km<sup>2</sup>; 道路面积不断增加, 由 1987 年的 0.04% 增加到 2017 年的 1.25%, 面积总共增加了 88.37 km<sup>2</sup>; 草地以及内陆水域的面积呈现“减少—增加—减少”的变化趋势; 林地面积呈现出“增加—减少—增加”的趋势; 裸地面积则呈现出“减少—增加”的趋势。由于裸滩为卫星成像时刻的潮滩, 并非实际潮滩湿地, 因此在此处不予讨论, 将在下文进行讨论分析。

表 1 研究区 1987—2017 年土地利用类型面积及占比

年份	耕地		建设用地		草地		内陆水域	
	面积/km <sup>2</sup>	百分比/%						
1987	2669.37	36.63	521.48	7.16	50.45	0.69	138.80	1.90
1993	2586.44	35.49	619.25	8.50	46.78	0.64	133.35	1.83
1999	2520.07	34.58	719.30	9.87	25.00	0.34	186.89	2.56
2005	2176.21	29.86	1041.15	14.29	39.63	0.54	180.39	2.48
2011	1981.07	27.18	1157.44	15.88	104.72	1.44	142.62	1.96
2017	1246.54	17.10	1445.97	19.84	79.28	1.09	120.69	1.66
年份	林地		裸滩		道路		裸地	
	面积/km <sup>2</sup>	百分比/%						
1987	551.36	7.57	192.36	2.64	3.07	0.04	47.21	0.65
1993	558.72	7.67	34.00	0.47	12.86	0.18	43.95	0.60
1999	479.21	6.58	107.47	1.47	22.38	0.31	42.01	0.58
2005	532.58	7.31	64.72	0.89	34.66	0.48	14.78	0.20
2011	554.31	7.61	52.58	0.72	82.41	1.13	29.10	0.40
2017	1038.28	14.25	56.84	0.78	91.44	1.25	45.96	0.63

### 3.2 近 30 a 胶州湾潮滩湿地时空特征分析

对潮滩湿地下边界校正完毕后, 利用 ArcGIS 软件制作潮滩湿地的空间分布图(图 3—4)、统计近

30 a 潮滩湿地的面积(图 5)以及潮滩湿地上边界的平均推进速度(图 6)。

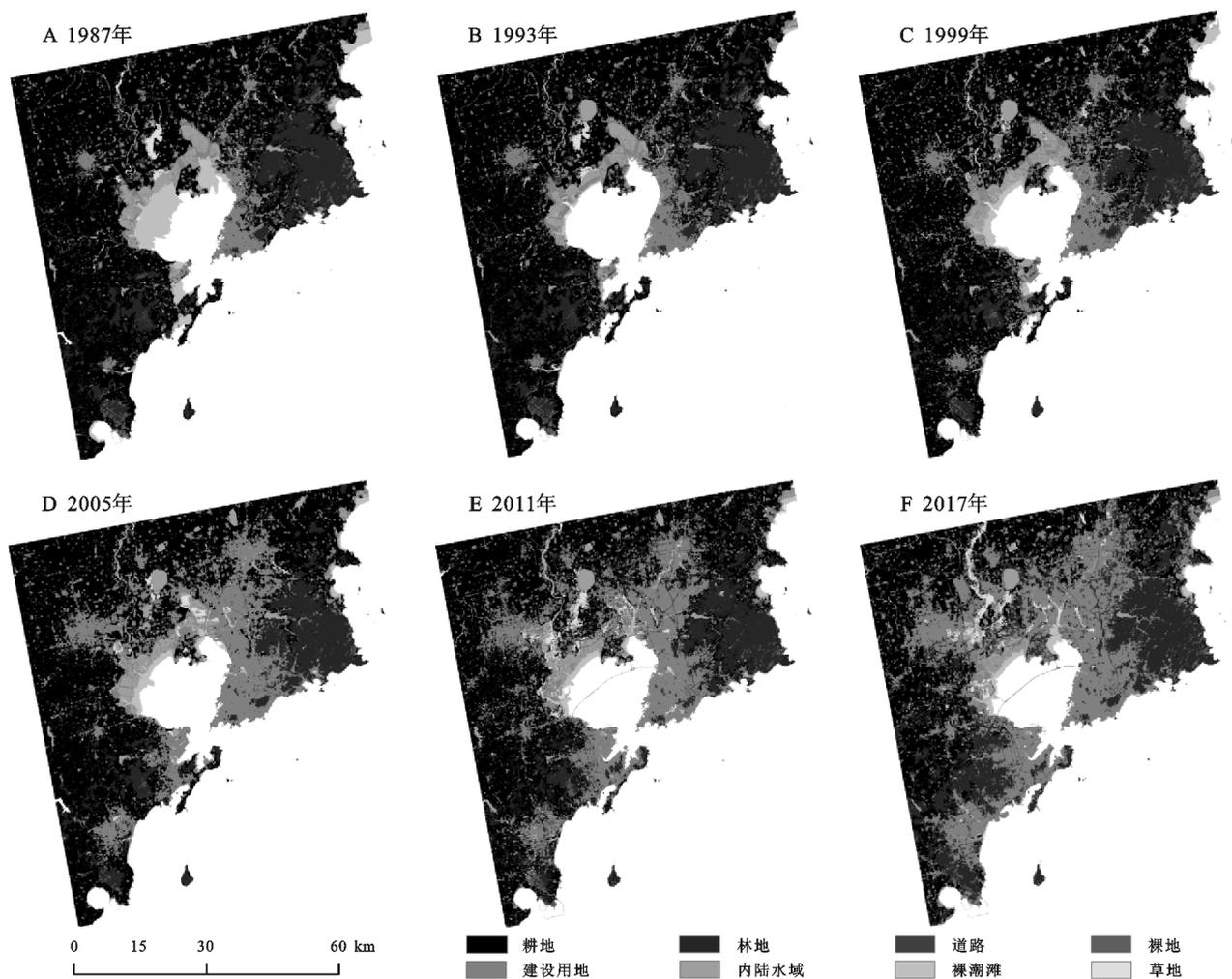


图 2 1987—2017 年研究区土地利用类型的空间分布

1987 年胶州湾的潮滩湿地面积最多,高达 122.27 km<sup>2</sup>,该年的潮滩湿地分布广泛,集中分布于胶州湾的西岸、北岸以及唐岛湾沿岸;1993 年与 1999 年的潮滩湿地面积分别为 104.03,102.73 km<sup>2</sup>,这两年的潮滩湿地空间分布范围大致相同,集中分布于胶州湾的北岸以及唐岛湾沿岸,有少量的潮滩湿地分布于胶州湾西岸;2005 年与 2011 年的潮滩湿地面积分别为 94.73,89.09 km<sup>2</sup>,主要集中分布于胶州湾北岸以及唐岛湾沿岸,而胶州湾西岸的分布范围变小;2017 年潮滩湿地面积最少,为 85.31 km<sup>2</sup>,主要集中分布在胶州湾北岸以及唐岛湾沿岸。

潮滩湿地上边界在 1987—2017 年 30 a 间向胶州湾内部推进,且近 30 a 的平均推进速度呈现出“减慢—加快—减慢”的趋势,1987—1993 年的平均推进速度最快,约为 42 m/a,而该时间段的青岛墨水河入海口处以及前湾港处的推进速度最快,为 120 m/a;1993—1999 年的平均推进速度约为 15 m/a;1999—2005 年的平均推进速度约为 25 m/a,该时间段的唐岛湾沿岸的推进速度最快,最快推进速度约为 135

m/a;2011—2017 年的平均推进速度与 2005—2011 年相比有所减慢,平均推进速度分别为 31,29 m/a。

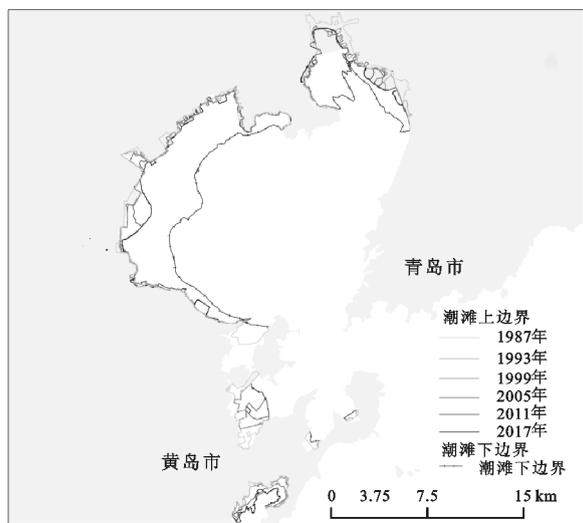


图 3 1987—2017 年研究区潮滩湿地的空间分布

总之,胶州湾近 30 a 来的潮滩湿地面积不断减少;潮滩湿地上边界随着时间的推移不断地向胶州湾内部推进,年平均推进速度则呈现出“减慢—加快—减慢”的趋势。



图 4 典型年份潮滩湿地的空间分布

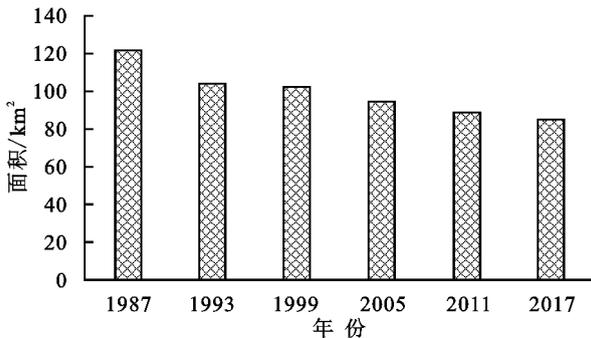


图 5 潮滩面积统计

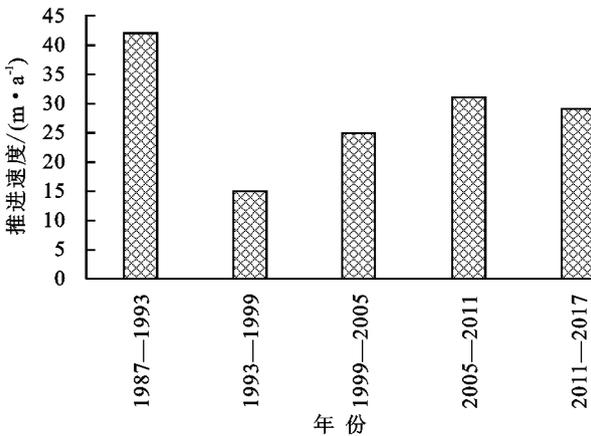


图 6 潮滩上边界推进速度

### 3.3 潮滩湿地变化原因分析

根据胶州湾近 30 a 的土地利用类型以及潮滩湿地分布的矢量数据,通过 ArcGIS 软件对二者进行叠加分析得到近 30 a 胶州湾地区潮滩湿地变化的主要原因。

如图 7 所示,围填海活动是胶州湾近 30 a 潮滩湿地变化的主要原因,胶州湾近 30 a 围填海面积呈现“减少—增加—减少”的趋势。1987—1999 年的围填海面积逐年减少,由 1987—1993 年的围填海面积 16.36 km<sup>2</sup> 减少到 1993—1999 年的最小面积 4.30

km<sup>2</sup>;1999—2011 年的围填海面积则逐年增加,在 2005—2011 年,面积达到最大,为 19.32 km<sup>2</sup>;2011—2017 年,围填海面积则呈现减少趋势。

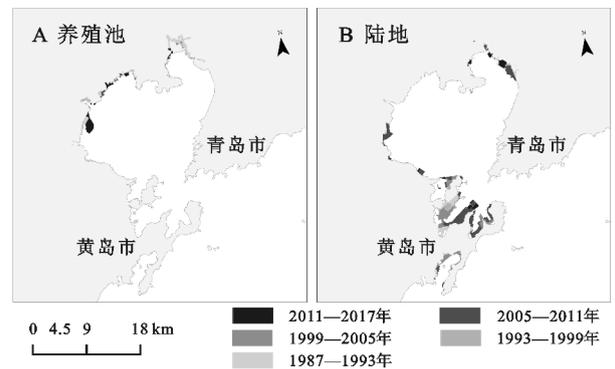


图 7 1987—2017 年两种形式围填海的空间分布

通过结合近 30 a 的胶州湾周边的土地利用类型,进一步将围填海活动分为:潮滩湿地向养殖池转变、潮滩湿地向陆地转变。养殖池面积在 1987—2011 年逐年减少,其中 1987—1993 年的养殖池面积最大,高达 11.59 km<sup>2</sup>,而在 2005—2011 年养殖池的面积最小,为 0.66 km<sup>2</sup>,在 2011—2017 年面积有所增加,由 0.66 km<sup>2</sup> 增加到 4.70 km<sup>2</sup>;填海造陆面积在 1987—2011 年则逐年增加,在 2005—2011 年,造陆面积达到最大,高达 18.66 km<sup>2</sup>,在 2011—2017 年则有所减少,由 18.66 km<sup>2</sup> 减少到 4.26 km<sup>2</sup>。

就两种围填海活动的空间分布而言,潮滩湿地向养殖池的转变在 1987—2017 年 30 a 间,集中分布于胶州湾北岸,少量分布在胶州湾西岸以及唐岛湾沿岸;潮滩湿地向陆地的转变在近 30 a 间则集中分布于胶州湾东北岸、西岸的黄岛区以及唐岛湾沿岸。

### 3.4 围填海土地利用结构分析

从表 2 可以看出,围填海所形成的陆地的土地利用方式主要分为建设用地、草地、裸地以及内陆水域。

1987—1993 年主要的围填海土地利用方式为建设用地和内陆水域,二者占比分别为 73%,25%,而草地和裸地的占比总共为 2%;1993—1999 年建设用地、裸地以及草地成为主要的土地利用方式,占比分别为 62%,25%,13%,在该时间段没有内陆水域;1999—2005 年,建设用地、内陆水域、裸地以及草地的占比分别为 80%,13%,6%,1%;2005—2011 年,建设用地占比最大,高达 79%,草地、裸地以及内陆水域的占比分别为 5%,5%,11%;2011—2017 年,大部分围填海陆地转移到了建设用地和草地,转移比例分别为 41%,51%,8%的围填海土地向裸地以及内陆水域发生转变。

1987—2011 年的 24 a 间,建设用地在 4 种土地利用类型中占比最大,是胶州湾围填海活动主导的土地利用类型,内陆水域、裸地以及草地次之;2011—2017 年,草地占比最大,成为该时间段围填海活动主导的土地利用类型,建设用地占比则位于草地之后。

表 2 围填海所形成陆地的土地利用结构 %

时间段	建设用地	草地	裸地	内陆水域
1987—1993	73	1	1	25
1993—1999	62	13	25	0
1999—2005	80	1	6	13
2005—2011	79	5	5	11
2011—2017	41	51	7	1

## 4 结论

(1) 近 30 a 的土地利用变化明显。耕地面积占比最大,其次为建设用地和林地的面积。耕地面积不断减少;而建设用地以及道路的面积不断增加;林地面积则呈现出先减少后增加的变化趋势;其他土地利用类型的面积变化则呈现出上下波动的趋势,无规律可循。

(2) 胶州湾区域潮滩湿地在 1987—2017 年这 30 a 间不断减少,且减少速度随着时间的推移,逐渐减慢。而潮滩的上边界随着时间的推移,不断向胶州湾内部推进,年平均推进速度呈现出“减慢—加快—减慢”的趋势。

(3) 围填海活动是研究区近 30 a 潮滩湿地变化的主要原因。1987—2017 年围填海面积变化呈现出“减少—增加—减少”的趋势;围海养殖和填海造陆是研究区围填海活动的两种主要形式,围海养殖主要分布在胶州湾的北岸,而填海造陆分布于胶州湾东岸、西岸以及唐岛湾沿岸。

(4) 建设用地、草地、裸地以及内陆水域是围填

海活动主要的土地利用方式。1987—2011 年,建设用地占比最大,而 2011—2017 年,草地占比最大,建设用地占比次之。

### 参考文献:

- [1] 韩倩倩,牛振国,吴孟泉,等.基于潮位校正的中国潮间带遥感监测及变化[J].科学通报,2019,64(4):456-473.
- [2] 吴亚茜,肖向明,陈帮乾,等.近 30 年来盐城潮间带湿地盐沼植物候遥感监测[J].江苏农业科学,2018,46(16):264-270.
- [3] 李京梅,王晓玲.基于生境等价分析法的胶州湾湿地围垦生态损害评估[J].资源科学,2013,35(1):59-65.
- [4] 苏岫,索安宁,宋德瑞,等.基于遥感的长江经济带邻近海域滩涂生态承载力评估[J].海洋环境科学,2018,37(4):528-536.
- [5] 张媛媛,高志强,宋德彬,等.江苏近岸辐射沙洲潮滩变化遥感监测研究[J].长江流域资源与环境,2019,28(8):1938-1946.
- [6] 彭小家,徐韧,何彦龙.近 30 a 来乐清湾海岸线与海岸湿地变迁分析[J].海洋环境科学,2019,38(1):68-74,83.
- [7] 杨慧,李国庆,周越,等.近 30 a 来胶州湾潮间带动态变化分析[J].应用海洋学学报,2018,37(2):294-300.
- [8] 王小丹,方成,康慧,等.曹妃甸地区潮间带演变的遥感监测[J].海洋通报,2014,33(5):559-565.
- [9] Yagoub M M, Kolan G R. Monitoring coastal zone land use and land cover changes of Abu Dhabi using remote sensing[J]. Journal of the Indian Society of Remote Sensing, 2006,34(1):57-68.
- [10] Misra A, Balaji R. Decadal changes in the land use/land cover and shoreline along the coastal districts of southern Gujarat, India[J]. Environmental Monitoring and Assessment, 2015, 187(7):461. DOI: org/10.1007/s10661-015-4684-2.
- [11] Mcdermid G J, Linke J, Pape A D, et al. Object-based approaches to change analysis and thematic map update: challenges and limitations[J]. Canadian Journal of Remote Sensing, 2008,34(5):462-466.
- [12] 濮静娟.遥感图像目视解译原理与方法[M].北京:中国科学技术出版社,1992.
- [13] 赵英时.遥感应用分析原理与方法[M].北京:科学出版社,2003.
- [14] 王小龙,张杰,初佳兰.基于光学遥感的海岛潮间带和湿地信息提取:以东沙岛(礁)为例[J].海洋科学进展,2005,23(4):477-481.
- [15] 王靖雯,牛振国.基于潮位校正的盐城滨海潮间带遥感监测及变化分析[J].海洋学报,2017,39(5):149-160.