

2010年—2020年中国海岸带围填海动态遥感监测数据集

徐进勇¹, 汪潇¹, 左丽君¹, 张委伟², 易玲¹, 刘芳¹, 胡顺光¹,
孙菲菲¹, 张增祥¹

1. 中国科学院空天信息创新研究院 国家遥感应用工程技术研究中心, 北京 100101;

2. 苏州科技大学 地理科学与测绘工程学院, 苏州 215009

摘要: 围填海是海岸线变迁、滨海湿地退化和近海海洋污染的重要原因, 围填海管控和治理关乎国家海岸带保护和生态文明建设。目前缺少关于全国尺度围填海类型及其空间分布的高频次遥感动态监测, 对于围填海治理措施在空间上还未能有效跟踪监测。基于 Landsat 时间序列遥感影像, 采用海岸线与围填海一体化遥感动态监测方法实现了 2010 年—2015 年、2015 年—2018 年和 2018 年—2020 年 3 个时段中国海岸带围填海空间分布信息提取, 以及相应时段退围还海与退围还湿措施空间分布信息的提取, 数据成果以矢量格式存储。形成与海岸线变迁时间同步和数据基础统一的全国尺度时间序列海岸带围填海动态遥感监测成果, 对于海岸线资源保护和海岸带生态环境治理效果评价意义重大。成果显示, 在 21 世纪的第二个十年, 中国沿海新增围填海的面积急速衰减, 围填海增速得到了有效控制; 退围还海、退围还湿措施主要表现为将养殖坑塘恢复为海涂和海面, 且速度在 2018 年—2020 年突增, 这与 2018 年起国家对围填海管控相关政策的执行力度空前增强有直接关系。构建的海岸带围填海动态遥感监测数据集能为国家海洋和海岸带管理与科学研究提供基础数据保障, 并为全球 SDG 14.5 的实现提供重要支持。

关键词: 遥感, 围填海, 动态, 海岸带, 中国

中图分类号: TP701/P2

引用格式: 徐进勇, 汪潇, 左丽君, 张委伟, 易玲, 刘芳, 胡顺光, 孙菲菲, 张增祥. 2024. 2010 年—2020 年中国海岸带围填海动态遥感监测数据集. 遥感学报, 28(11): 2792–2800

Xu J Y, Wang X, Zuo L J, Zhang W W, Yi L, Liu F, Hu S G, Sun F F and Zhang Z X. 2024. Dataset of remote sensing dynamic monitoring of coastal reclamation in China (2010–2020) National Remote Sensing Bulletin, 28(11): 2792–2800 [DOI: 10.11834/jrs.20243475]

1 引言

联合国 2030 年可持续发展目标 SDG (Sustainable Development Goal) SDG 14.5 提出“保护至少 10% 的沿海和海洋区域” (Sachs 等, 2016), 致力于制止和扭转沿海和海洋区域及其生态系统的健康和生产力下降的趋势, 保护和恢复其恢复力和生态完整性 (Armstrong, 2020)。沿海地区是大气圈、水圈和岩石圈相互作用的独特环境 (Sesli 等, 2009)。海岸线是海洋和陆地的分界线, 载负着丰富的环境信息, 对沿海滩涂等湿地生态系统及近

岸海洋环境有重要的指示意义。海岸线形状和属性在填海造地等人类活动的干预下产生的变化直接影响海岸景观及其海滩资源 (Bi 等, 2012), 并进一步引起各种资源和生态过程的变化, 最终影响沿海城市及其港口腹地的发展和海洋生态环境的安全 (侯西勇 等, 2016; Sengupta 等, 2018)。2000 年—2020 年全球 135 个人口超过 100 万的沿海城市中的 78% 采用了填海造地的方式为地球表面新增了 2530 km² 的土地 (Sengupta 等, 2023)。因此, 科学、快速的进行海岸线测绘和海岸线变化监测是海岸资源管理和保护的基础和关键。

收稿日期: 2023-11-15; 预印本: 2024-06-26

基金项目: 院重点部署项目 (编号: E2Z211020F); 国家重点研发计划 (编号: 2021YFB3901201)

第一作者简介: 徐进勇, 研究方向为土地利用变化及其生态环境影响。E-mail: xujy@aircas.ac.cn

通信作者简介: 汪潇, 研究方向为土地资源环境遥感应用。E-mail: wangxiao98@aircas.ac.cn

海岸线变迁的驱动力包括自然过程和人类活动。自然过程包括波浪、海流和风暴等现象, 人类活动包括填海造地、娱乐、养殖和建设等 (Sesli 等, 2009)。沿海填海以从海洋或沿海湿地获得土地, 用于港口扩建、住宅/商业、农业或工业, 是各国海岸带变化的主要因素 (Jabaloy-Sánchez 等, 2010; Subraelu 等, 2022; Sengupta 等, 2023)。改革开放以来, 中国经济快速发展, 沿海省份大规模围填海以发展农业 (如种植、水产养殖和盐田)、工业 (如码头和工厂) 和城市发展 (如住宅) 等 (Tian 等, 2016; Huang 等, 2020; Wang 等, 2021), 在 1991 年—2015 年间, 中国填海造地面积超过 6418.9 km² (Xu 和 Gong, 2018), 是中国海岸线变化的首要原因。科学合理的围填海对于缓解沿海地区人地矛盾、推动社会经济发展, 具有十分重要的现实意义, 但是大规模的违背客观自然规律的无序围填海必然带来一系列严重的资源、环境和社会问题, 诸如使近岸渔业资源衰竭、使近海海域生态系统遭到破坏、使海洋环境污染加剧, 对海岸带的生态安全也造成了较大的威胁 (刘伟和刘百桥, 2008; Martín-Antón 等, 2016; Chen 等, 2023; Lu 等, 2023)。

中国政府历来重视对海岸带资源的保护。2017 年, 原国家海洋局印发了中央全面深化改革领导小组审议通过的《海岸线保护与利用管理办法》, 提出“优先保护海洋生态环境, 加强海岸线保护与利用管理, 实现自然岸线保有率管控目标, 构建科学合理的自然岸线格局”。2018 年, 国务院颁布了关于保护自然岸线保有率 and 实施海洋生态红线管理的文件《关于加强滨海湿地保护严格管控围填海的通知》(国发〔2018〕24 号), 是迄今关于围填海管控和治理最严格的政策, 指出围填海管控和治理关乎国家海岸带保护和生态文明建设, 要求坚持生态优先、绿色发展和施行最严格的生态环境保护制度, 切实转变“向海索地”的工作思路, 完善围填海总量管控, 并积极推进“蓝色海湾”, 支持通过退围还海、退养还滩、退耕还湿等方式, 逐步修复已经破坏的滨海湿地。

遥感技术具有宏观和快速获取地面特征的优势。围填海是海岸线变迁、滨海湿地退化和近海海洋污染的重要原因, 形成与海岸线变迁时间同步和数据基础统一的全国尺度时间序列海岸带围填海遥感监测产品, 利于围填海对海岸线变迁及

海岸带生态环境影响分析, 对于海岸线资源保护和海岸带生态环境治理意义重大。目前缺少大尺度 (国家、全球) 范围内的时间序列围填海类型及其空间分布遥感监测成果, 对于围填海治理措施在空间上还未能基于遥感技术进行有效跟踪监测。鉴于国家对自然岸线保有率的重视和海洋生态红线管理迫切需求, 快速和持续跟踪监测全国海岸线变迁, 形成统一数据基础、空间坐标体系和调查标准的长时间序列围填海动态遥感产品已成为合理开发利用和保护中国海岸带和海洋生态管理的迫切需求。

本文利用卫星遥感等技术手段, 构建海岸带围填海动态遥感监测数据集, 开展中国 2010 年—2020 年新增围填海动态的遥感监测与分析, 并对同期的退围还海和退围还湿措施进行遥感监测与分析, 研究成果能为国家海洋和海岸带管理与科学研究提供基础数据保障, 并为全球 SDG 14.5 的实现提供重要支持。

2 数据研发方法

由于围填海类型的多样性和复杂性, 目前还没有非常有效的计算机自动方法能够同时提取各种类型的围填海空间分布。为形成与海岸线变迁时间同步和数据基础统一的全国尺度时间序列围填海遥感产品, 采用海岸线与围填海一体化遥感动态监测方法实现中国海岸带围填海遥感制图, 该方法在作者已往海岸带遥感项目研究中已得到成功应用。

2.1 遥感数据源

陆地卫星 (Landsat) 系列多光谱数据具有较长的历史连续性和较高的空间分辨率, 能获取 20 世纪 80 年代以来 30 m 分辨率的多光谱影像数据, 在土地资源遥感监测与制图方面已得到广泛应用, 能满足 1:10 万比例尺土地利用遥感制图。所有卫星影像数据均从美国地质调查局 (USGS) 数据共享网站下载, 数据完整覆盖中国大陆海岸线分布范围 (图 1)。

本文 2010 年遥感数据采用 Landsat 5 TM 多光谱数据; 2015 年、2018 年和 2020 年遥感数据采用 Landsat 8 OLI 多光谱数据, 所有数据的云量控制在 15% 以下。完整覆盖全国海岸带需要 55 景 Landsat 遥感影像, 为保障遥感数据的时效性和遥感数据质量, 北方地区尽量选取秋季遥感影像, 南方地

区则一般选择秋季和冬季遥感影像。对于云遮盖比较严重的地区,同时参考年内多期 Landsat 遥感影像进行判读,本文4个年份总计使用了 Landsat 遥感影像248景,对所有卫星影像进行了标准假彩色合成。

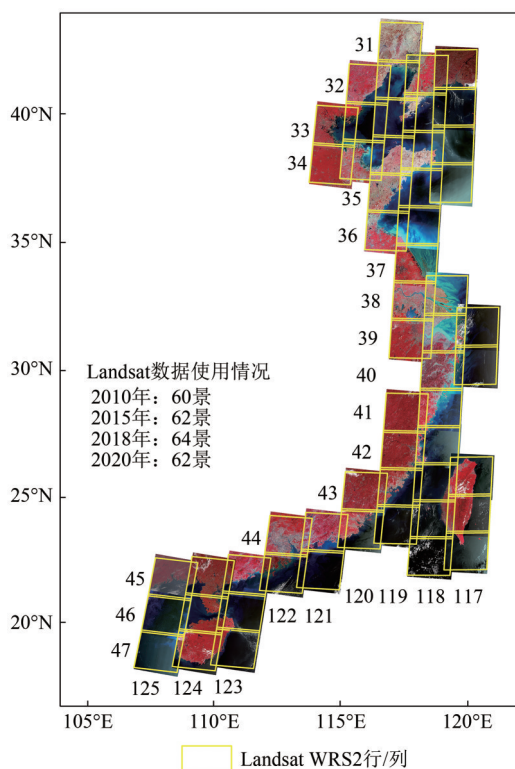


图1 Landsat 影像使用情况

Fig. 1 Spatial distribution of landsat imagery data in this study

2.2 海岸线与围填海一体化遥感动态监测方法

海岸线与围填海一体化遥感动态监测方法要求海岸线与围填海遥感监测使用的卫星影像时相一致,通过区分海岸线自然变迁与人为扰动变迁,提取与岸线变化有关的围填海空间分布信息,这部分围填海的内边界线与围海前的海岸线吻合,侧边界线和外边界线与围填海后的海岸线吻合,因此该方法所得到的围填海遥感监测产品具有与海岸线变迁时间同步、遥感数据基础统一,以及共用边界一致等优点(图2,图3)。

首先人机交互目视解译2010年中国大陆海岸线分布,然后结合遥感影像,依次更新2015年、2018年和2020年的海岸线数据,从而提取与海岸线人为扰动变迁有关的围填海范围。在GIS软件平台上叠加前后两期海岸线,剔除由于自然原因引起的海岸线动态,增加在海涂或海面上独立分布的岛状围填海信息,然后依据围填海定义和解译

标志添加相应的围填海类型属性信息(徐进勇等,2014)。

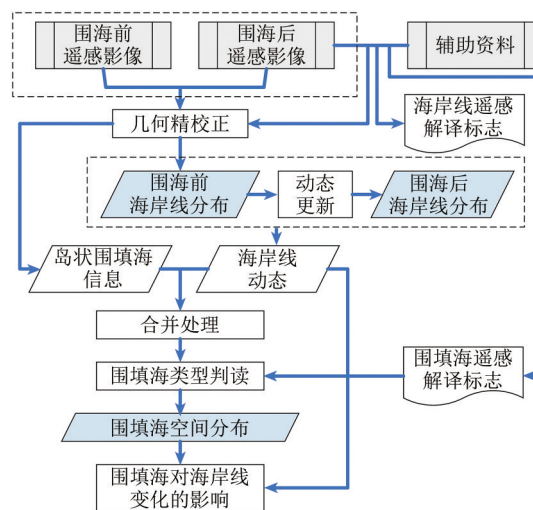


图2 海岸线与围填海一体化遥感动态监测技术流程
(徐进勇等,2014)

Fig. 2 Flowchart of integrated remote sensing dynamic monitoring of coastline and reclamation (Xu et al., 2014)

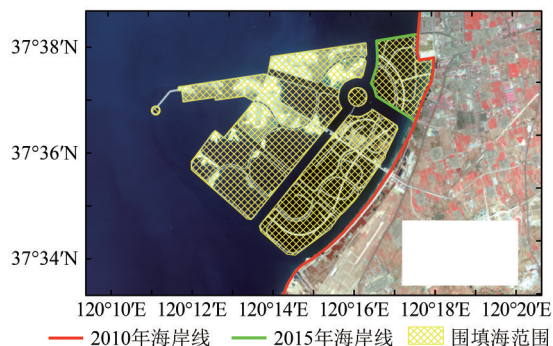


图3 围填海遥感监测方法应用示例(2015年3月26日)

Fig. 3 An example of remote sensing monitoring of reclamation (March 26, 2015)

2.3 海岸线信息提取

本文方法中,海岸线是围填海遥感监测的基础数据。“908专项”关于海岸线的定义是平均大潮高潮时水陆分界的痕迹线。为科学反映海岸线的动态变化,通常基于道路、植被、滩脊、堤坝等参考地物的位置建立海岸线遥感解译标志,该方法的优点在于受潮位影响小,大潮高潮很难淹没这些参考地物的边缘,经与实测岸线对比,该方法获取的海岸线在细节上更加合理、准确(孙伟富等,2011)。在GIS软件平台上人机交互目视解译海岸线的类型及位置,为了保证前后两期海岸线位置没有发生变化的部分保持严格一致,首先解译基期海岸线分布,生成基期ArcGIS矢量数据,后期海岸线以前

期海岸线为本底数据，只对海岸线变化部分进行动态更新，从而有效地避免基于不同空间分辨率或不同时相遥感影像进行海岸线变化提取时产生的“双眼皮”现象（徐进勇 等，2013）。

2.4 围填海分类

围填海包含围海和填海两种用海方式，其中围海是指以全部或部分闭合形式围割海域进行海洋利用的方式，包含沿海岸进行海域围割的用海方式和全部在海中进行筑堤围割的用海方式；填海指将海域填成土地的工程用海，包括直接填充和

先进行围割后再进行填充两种方式。根据“908专项”关于围海造地的定义和类型划分，并基于所用遥感影像的地物类型可分性，将围填海分为港口建设用海、城镇建设用海、围垦用海、围海养殖、盐田用海和其他用海等6种类型（徐进勇 等，2014）。

首先叠加前后两期海岸线矢量数据，提取海岸线的动态范围，剔除由于自然原因引起的海岸线动态，并进一步增加在海涂或海面上独立分布的岛状围填海矢量图斑信息（图3）。依据围填海定义和解译标志添加相应的围填海类型属性（表1，图4）。

表1 围填海用地在标准假彩色影像上的遥感解译标志(徐进勇 等,2014)
Table 1 Examples of coastal reclamation on pseudo color remote sensing imagery (Xu et al.,2014)

类型	定义	解译标志
港口建设用海	通过围填海域形成土地并用于港口建设的工程用海	色调多为青灰色或灰白色,边缘呈齿状,具有防波堤、港池等附属地物
城镇建设用海	通过围填海域形成土地并用于城镇建设的工程用海	一般与邻近城市衔接,地物构成多样化,其中道路格网色调发白、植被绿化带色调发红、建筑物色调发白或发灰;城市湿地色调发黑
围垦用海	通过围填海域形成土地并用于农林牧业的工程用海	一般与邻近耕地衔接,在植被生长季色调发红,纹理均匀
围海养殖	通过围海筑堤进行养殖所使用的海域	呈格网状,一般为长条状,网格大小均一;色调偏蓝黑色,受水生植被影响,夏季部分坑塘色调泛红
盐田用海	盐田及其取水口所使用的海域	呈格网状,网格大小不等,一般规模比较大,由道路、结晶池、卤池、纳潮口等地物构成。道路平直,色调发白;卤池色调为深蓝色;结晶池色调浅蓝泛白;盐山堆积呈条带状,反射率较高,色调为亮白色
其他用海	上述类型以外的填海用海(主要为处于在建状态的未知用途填海)	主要为处于在建状态的未知用途填海,若为淤泥质,则色调偏灰;若为沙质,则呈亮白色

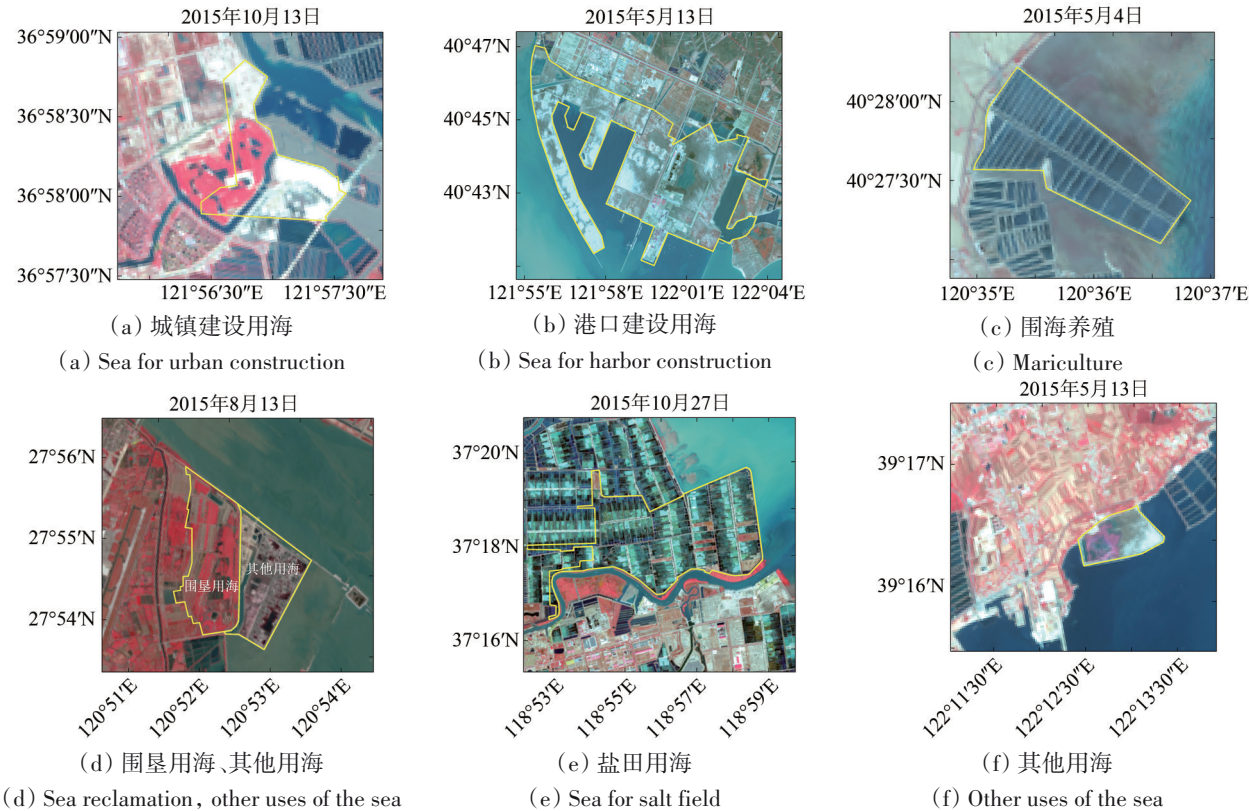


图4 围填海类型示例
Fig. 4 Examples of the types of coastal reclamation

2.5 退围还海与退围还湿信息提取

在国家蓝色海湾整治项目中, 退围还海、退围还湿措施主要表现为破堤通海、退养还滩和退养还海等几种形式。退围还海与退围还湿相当于

围填海的逆过程, 在遥感解译时, 如果前期的围填海图斑在后期的遥感影像上还原为海面和海涂等自然地物, 则将其归类为退围还海与退围还湿措施 (图5)。

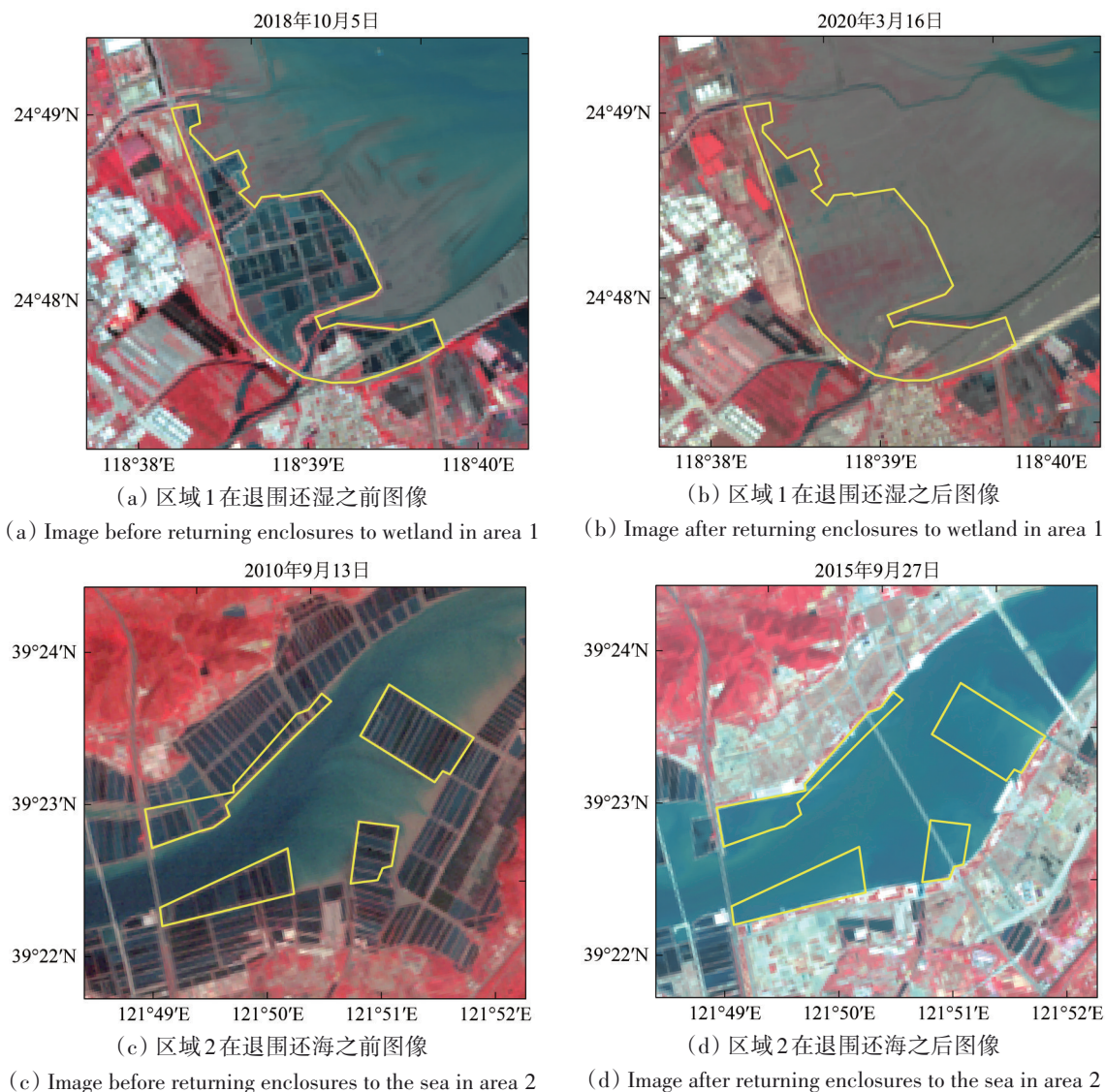


图5 退围还海与退围还湿措施遥感监测示例

Fig. 5 Example of remote sensing monitoring of the measures of returning enclosures to the sea and wetlands

3 数据产品描述

3.1 围填海遥感监测产品

围填海遥感监测矢量数据产品包含2010年—2015年、2015年—2018年和2018年—2020年3个遥感监测时段, 空间范围完整覆盖中国海岸带。2010年—2015年期间围填海斑块数量最多, 沿海岸线密集分布 (图6)。围填海矢量数据采用

ArcGIS Shapefile 存储格式, 每个监测时段数据单独存储。围填海矢量数据命名方式为“REC_XXXX” (XXXX指“1015”、“1518”、“1820”, 分别指2010年—2015年、2015年—2018年和2018年—2020年3个遥感监测时段); Shapefile的ID字段代表围填海类型 (其中71指港口建设用海, 72指城镇建设用海, 73指围垦用海, 74指围海养殖, 75指盐田用海, 76指其他用海)。数据采用Albers正轴等面积双标准纬线割圆锥投影, Krasovsky 椭球体,

双标准纬线度数分别为25°N和47°N，中央经线为105°E，坐标原点为105°E与赤道的交点。所有围填海矢量数据压缩成1个.zip文件，压缩后的数据量约为560 KB。

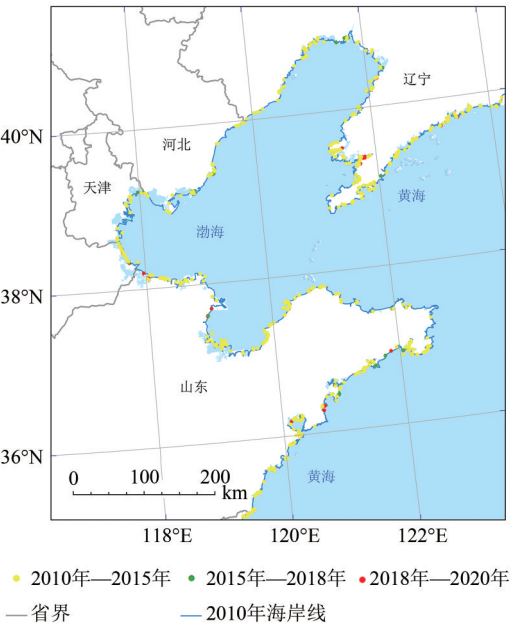


图6 2010年—2020年环渤海地区围填海动态空间分布位置

Fig.6 Spatial distribution of major coastal reclamation around the bohai rim from 2010 to 2020

3.2 退围还海与退围还湿措施遥感监测产品

退围还海与退围还湿措施遥感监测矢量数据产品与围填海遥感监测产品的时空范围一致，每个监测时段数据单独存储，数据存储格式、坐标系统及投影也与围海遥感监测产品保持一致。与围填海图斑分布相比，退围还海与退围还湿措施的斑块数量明显要少很多（图7）。退围还海与退围还湿措施遥感监测矢量数据的命名方式为“RETURN_XXXX”（XXXX指“1015”、“1518”、“1820”，分别代表2010年—2015年、2015年—2018年和2018年—2020年3个遥感监测时段）；所

有退围还海与退围还湿措施遥感监测矢量数据压缩成1个.zip文件，压缩后的数据量约为120 KB。

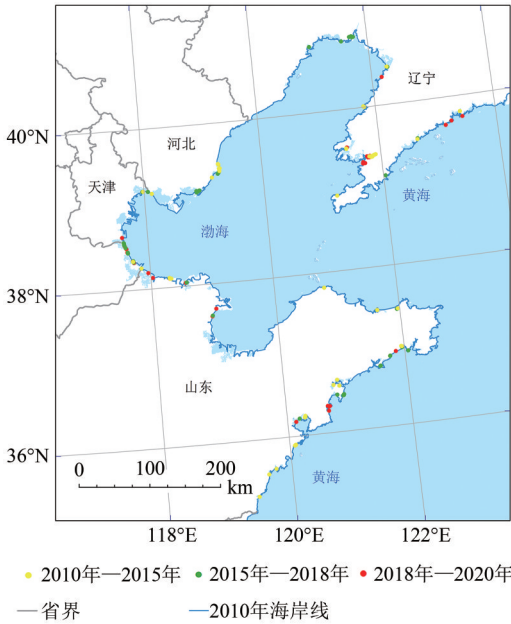


图7 2010年—2020年环渤海地区退围还海与退围还湿措施空间分布位置

Fig. 7 Spatial distribution of returning enclosures to the sea and wetlands around the bohai rim from 2010 to 2020

3.3 新增围填海与退围措施面积统计

依据遥感监测结果，2010年—2020年中国沿海新增围填海面积累计2142.28 km²，其中2010年—2015年中国新增围填海面积1702.47 km²，年均340.49 km²；2015年—2018年为395.81 km²，年均131.94 km²；2018年—2020年为44.00 km²，年均22.00 km²（表2）。2018年—2020年新增围填海速度仅是2010年—2015年的6.46%。因此，在21世纪的第二个十年，中国沿海新增围填海面积急速衰减，围填海的增速得到了有效控制（图8）。围填海是中国海岸线变迁最主要的原因，随着围填海增速的持续减缓，人工岸线长度的增长速度也必然快速减缓。

表2 2010年—2020年中国海岸带围填海面积变化
Table 2 Area of major coastal reclamation in china from 2010 to 2020

时期							/km ²
	港口建设用海	城镇建设用海	围垦用海	围海养殖	盐田用海	其他用海	合计
2010年—2015年	447.47	68.91	70.17	654.67	104.99	356.26	1702.47
2015年—2018年	79.46	6.42	—	87.12	4.09	218.72	395.81
2018年—2020年	13.34	2.57	—	17.77	—	10.32	44.00
合计	540.27	77.90	70.17	759.56	109.08	585.30	2142.28

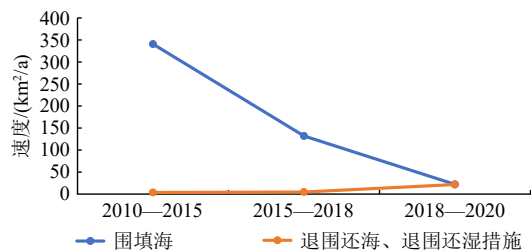


图8 2010年—2020年中国海岸带围填海与退围还海退围还湿速度对比

Fig. 8 Comparison of the rate of coastal reclamation and returning enclosures to the sea and wetlands in China from 2010 to 2020

2010年—2020年,全国各海域的新增围填海速度均在不断减小。2015年后,中国新增围填海空间分布的格局发生变化。2010年—2015年,北方海域(渤海和黄海)的围填海增速相对较快;2015年后,南方海域(东海和南海)的围填海增速相对较快。

退围还湿、退围还海措施主要表现为将养殖坑塘恢复为海涂和海面。2010年—2015年围海养殖退出面积18.62 km²,年均3.72 km²;2015年—2018年围海养殖退出面积14.31 km²,年均4.77 km²;2018年—2020年围海养殖退出面积43.23 km²,年均21.62 km²。2010年—2020年围填养殖退出面积合计76.16 km²,其中2018年—2020年期间占了56.77%。退围速度在2018年—2020年突增,与同期围填海速度持平(图8),与《国务院关于加强滨海湿地保护严格管控围填海的通知》(国发〔2018〕24号)的实施有直接关系。

4 结论

基于30 m分辨率Landsat多光谱影像,实现了2010年—2015年、2015年—2018年、2018年—2020年3个时段全国围填海动态的遥感监测,以及同期退围还海与退围还湿措施的遥感监测。数据统计结果显示,2010年—2020年,中国沿海新增围填海速度得到了有效控制,退围还海与退围还湿速度也在2018年后激增。构建的海岸带围填海遥感动态监测数据集能为国家海洋和海岸带管理及科学研究提供基础数据保障,从而为全球SDG 14.5关于“保护至少10%的沿海和海洋区域”目标的实现提供重要支持。

目前,遥感大数据和人工智能方法在海岸线自动提取方面取得了较大进步(Xu和Gong, 2018;

Ding等, 2021),基于人工智能的围填海遥感信息提取方法已有学者开展研究(于枫世等, 2022;史彧铭, 2022),但这些方法目前还不能完全取代传统遥感应用。本文方法中,海岸线是围填海遥感提取的基础数据。采用目视解译得到的海岸线信息相对精确,能满足行业应用需求,已被海岸带管理和国土资源调查实践,以及海岸线变化科学研究采用(Patel等, 2021;龚照辉等, 2022)。因此,本文基于海岸线与围填海一体化遥感动态监测方法得到围填海空间分布数据集,能够用来作为围填海人工智能提取及类型分类的样本数据。本文得到的围填海空间分布数据集基于30 m分辨率Landsat多光谱影像提取,随着遥感大数据和人工智能技术的快速发展,未来需要进一步提高海岸线与围填海遥感监测的空间分辨率和时间频次。

参考文献(References)

- Armstrong C. 2020. Ocean justice: SDG 14 and beyond. *Journal of Global Ethics*, 16(2): 239-255 [DOI: 10.1080/17449626.2020.1779113]
- Bi X L, Liu F Q and Pan X B. 2012. Coastal projects in China: from reclamation to restoration. *Environmental Science & Technology*, 46(9): 4691-4692 [DOI: 10.1021/es301286d]
- Chen Y H, Cui L L, Li G S, Liu J P, Li L J and Zhao D D. 2023. A quantitative analysis of the impact of reclamation on the stability of coastal wetlands. *Ocean & Coastal Management*, 244: 106823 [DOI: 10.1016/j.ocecoaman.2023.106823]
- Ding Y X, Yang X M, Jin H L, Wang Z H, Liu Y M, Liu B, Zhang J Y, Liu X L, Gao K and Meng D. 2021. Monitoring coastline changes of the Malay Islands based on Google Earth Engine and dense time-series remote sensing images. *Remote Sensing*, 13(19): 3842 [DOI: 10.3390/rs13193842]
- Gong Z H, Shi L Q, Zhang D H and Zhang H G. 2022. Comparative study on remote sensing of coastlines and reclamation of typical bays in China and Vietnam: taking Fangcheng Bay and Haiphong Port as examples. *Journal of Marine Sciences*, 40(3): 62-72 (龚照辉, 时连强, 张达恒, 张华国. 2022. 中越典型港湾海岸线与围填海的遥感比较——以防城湾和海防港为例. *海洋学研究*, 40(3): 62-72) [DOI: 10.3969/j.issn.1001-909X.2022.03.006]
- Hou X Y, Hou W and Wu T. 2016. Shape changes of major gulfs along the mainland of China since the early 1940s. *Acta Geographica Sinica*, 71(1): 118-129 (侯西勇, 侯婉, 毋享. 2016. 20世纪40年代初以来中国大陆沿海主要海湾形态变化. *地理学报*, 71(1): 118-129) [DOI: 10.11821/dlxb201601009]
- Huang C, Zhang C C, Liu Q S, Wang Z H, Li H and Liu G H. 2020. Land reclamation and risk assessment in the coastal zone of China from 2000 to 2010. *Regional Studies in Marine Science*, 39: 101422 [DOI: 10.1016/j.rsma.2020.101422]
- Jabaloy-Sánchez A, Lobo F J, Azor A, Bárcenas P, Fernández-Salas L

- M, del Río V D and Pérez-Peña J V. 2010. Human-driven coastline changes in the Adra River deltaic system, southeast Spain. *Geomorphology*, 119(1/2): 9-22 [DOI: 10.1016/j.geomorph.2010.02.004]
- Liu W and Liu B Q. 2008. Current situation and countermeasures of sea reclamation in China. *Guangzhou Environment Sciences*, 23(2): 26-30 (刘伟, 刘百桥. 2008. 我国围填海现状、问题及调控对策. *广州环境科学*, 23(2): 26-30)
- Lu J F, Lv X Q and Shi H H. 2023. Spatio-temporal heterogeneity and cumulative ecological impacts of coastal reclamation in coastal waters. *Remote Sensing*, 15(6): 1495 [DOI: 10.3390/rs15061495]
- Martín-Antón M, Negro V, del Campo J M, López-Gutiérrez J S and Esteban M D. 2016. Review of coastal land reclamation situation in the world. *Journal of Coastal Research*, 75(S1): 667-671 [DOI: 10.2112/S175-133.1]
- Patel K, Jain R, Patel A N and Kalubarme M H. 2021. Shoreline change monitoring for coastal zone management using multi-temporal Landsat data in Mahi River estuary, Gujarat State. *Applied Geomatics*, 13(3): 333-347 [DOI: 10.1007/s12518-021-00353-8]
- Sachs J, Schmidt-Traub G, Kroll C, Durand-Delacre D and Teksoz K. 2016. *SDG Index and Dashboards-Global Report*. Bertelsmann Stiftung and Sustainable Development Solutions Network (SDSN).
- Sengupta D, Chen R S and Meadows M E. 2018. Building beyond land: an overview of coastal land reclamation in 16 global megacities. *Applied Geography*, 90: 229-238 [DOI: 10.1016/j.apgeog.2017.12.015]
- Sengupta D, Choi Y R, Tian B, Brown S, Meadows M, Hackney C R, Banerjee A, Li Y J, Chen R S and Zhou Y X. 2023. Mapping 21st century global coastal land reclamation. *Earth's Future*, 11(2): e2022EF002927 [DOI: 10.1029/2022EF002927]
- Sesli F A, Karsli F, Colkesen I and Akyol N. 2009. Monitoring the changing position of coastlines using aerial and satellite image data: an example from the eastern coast of Trabzon, Turkey. *Environmental Monitoring and Assessment*, 153(1): 391-403 [DOI: 10.1007/s10661-008-0366-7]
- Shi Y M. 2022. *Monitoring Method and Application of Reclamation Process Based on Long Time Series Remote Sensing Observations*. Wuhan: Wuhan University (史彧铭. 2022. 基于长时序遥感影像的围填海过程监测方法与应用研究. 武汉: 武汉大学)
- [DOI: 10.27379/d.cnki.gwhdu.2022.000946]
- Subraelu P, Ebraheem A A, Sherif M, Sefelnasr A, Yagoub M M and Rao K N. 2022. Land in water: the study of land reclamation and artificial islands formation in the UAE coastal zone: a remote sensing and GIS perspective. *Land*, 11(11): 2024 [DOI: 10.3390/land11112024]
- Sun W F, Ma Y, Zhang J, Liu S W and Ren G B. 2011. Study of remote sensing interpretation keys and extraction technique of different types of shoreline. *Bulletin of Surveying and Mapping*, (3): 41-44 (孙伟富, 马毅, 张杰, 刘善伟, 任广波. 2011. 不同类型海岸线遥感解译标志建立和提取方法研究. *测绘通报*, (3): 41-44)
- Tian B, Wu W T, Yang Z Q and Zhou Y X. 2016. Drivers, trends, and potential impacts of long-term coastal reclamation in China from 1985 to 2010. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 170: 83-90 [DOI: 10.1016/j.ecss.2016.01.006]
- Wang X G, Yan F Q and Su F S. 2021. Changes in coastline and coastal reclamation in the three most developed areas of China, 1980-2018. *Ocean & Coastal Management*, 204: 105542 [DOI: 10.1016/j.ocecoaman.2021.105542]
- Xu J Y, Zhang Z X, Zhao X L, Wang X, Wen Q K and Zuo L J. 2014. Remote sensing monitoring method of land reclamation. *Bulletin of Surveying and Mapping*, (5): 60-62 (徐进勇, 张增祥, 赵晓丽, 汪潇, 温庆可, 左丽君. 2014. 围填海遥感监测方法研究. *测绘通报*, (5): 60-62) [DOI: 10.13474/j.cnki.11-2246.2014.0158]
- Xu J Y, Zhang Z X, Zhao X L, Wen Q K, Zuo L J, Wang X and Yi L. 2013. Spatial-temporal analysis of coastline changes in northern China from 2000 to 2012. *Acta Geographica Sinica*, 68(5): 651-660 (徐进勇, 张增祥, 赵晓丽, 温庆可, 左丽君, 汪潇, 易玲. 2013. 2000-2012年中国北方海岸线时空变化分析. *地理学报*, 68(5): 651-660) [DOI: 10.11821/xb201305007]
- Xu N and Gong P. 2018. Significant coastline changes in China during 1991-2015 tracked by Landsat data. *Science Bulletin*, 63(14): 883-886 [DOI: 10.1016/j.scib.2018.05.032]
- Yu F S, Sui Y, Wang C Y, Chu J L. 2022. Reclamation detection and recognition of high resolution satellite remote sensing image based on deep learning. *Remote Sensing Technology and Application*, 37(4): 789-799 (于枫世, 隋毅, 王常颖, 初佳兰. 2022. 基于深度学习的高分辨率卫星遥感影像围填海检测识别. *遥感技术与应用*, 37(4): 789-799) [DOI: 10.11873/j.issn.1004-0323.2022.4.0789]

Dataset of remote sensing dynamic monitoring of coastal reclamation in China (2010—2020)

XU Jinyong¹, WANG Xiao¹, ZUO Lijun¹, ZHANG Weiwei², YI Ling¹, LIU Fang¹,
HU Shunguang¹, SUN Feifei¹, ZHANG Zengxiang¹

1. Aerospace Information Research Institute, Chinese Academic Science, Beijing 100101, China;

2. Suzhou University of Science and Technology, Suzhou 215009, China

Abstract: Reclamation is an important cause of coastline changes, coastal wetland degradation, and offshore marine pollution. The control and management of reclamation are related to the protection of the national coastal zone and the construction of an ecological civilization. At

present, high-frequency remote sensing monitoring of national-scale coastal reclamation types and their spatial distribution is lacking, and the tracking and monitoring of reclamation management measures based on remote sensing methods have not yet been effectively performed. By using the method of integrated remote sensing dynamic monitoring of the coastline and reclamation, and based on Landsat time-series satellite images, the spatial distributions of China's coastal reclamation in the periods of 2010—2015, 2015—2018, and 2018—2020, and the spatial distributions of the measures of returning enclosures to the sea and wetland in the corresponding periods were extracted. The data outcomes were stored in the ArcGIS Shapefile format, and the compressed data volumes totaled 680 KB. The remote sensing dynamic monitoring of national-scale time-series coastal reclamation that is synchronized with the time of coastline change and shared the same satellite image basis is highly significant for the protection of coastline resources and the evaluation of the effect of coastal ecological and environmental management. The results showed that during the second decade of the 21st century, the area of newly coastal reclamation in China declined sharply and that the growth rate of coastal reclamation was effectively controlled. Meanwhile, the rate of measures for returning enclosures to the sea and wetland, which was mostly manifested as the restoration of aquaculture pits and ponds to mudflats and sea surfaces, was increased abruptly, particularly in 2018—2020. Achievements were directly related to the unprecedented strengthening of national policies for reclamation control and coastal zone protection in 2018. The remote sensing monitoring dataset of coastal reclamation dynamics can provide basic data guarantee for national ocean and coastal zone management and scientific research, and important support for the realization of Sustainable Development Goal 14.5.

Key words: remote sensing, coastal reclamation, dynamic, coastal zone, China

Supported by Key Program of the Aerospace Information Research Institute, Chinese Academic Science (No. E2Z211020F); National Key Research and Development Program (No. 2021YFB3901201)