

基于国产海洋卫星和哨兵卫星数据的海洋环境灾害 遥感监测技术研究

刘建强^{1,2}, 丁静^{1,2}, 徐莹^{1,2}, 陆应诚³, Daniele Hauser⁴,
曾韬^{1,2}, 梁超^{1,2}, 李秀仲⁵, François Schmitt⁶

- 1、 国家卫星海洋应用中心, 自然资源部, 北京, 100081
- 2、 自然资源部空间海洋遥感与应用研究重点实验室, 北京, 100081
- 3、 南京大学, 国际地球系统科学研究所, 南京, 210046
- 4、 CNRS/LATMOS, Guyancourt, France
- 5、 南京信息工程大学, 南京, 210044
- 6、 CNRS/Laboratory of Oceanology and Geosciences, Wimereux, France

摘要:

项目利用我国自主发射的海洋卫星系列数据, 包括海洋一号 C/D 卫星和中法海洋卫星等, 结合欧空局哨兵卫星等数据, 针对我国近海典型海洋环境灾害开展遥感监测技术研究和数据应用效果分析, 在技术方法改进和遥感监测应用效果提升方面取得较为重要的进展。

1) 基于绿潮生物量变化模拟与观测验证数据, 本研究提出了适用于不同光学卫星数据的绿潮生物量估算模型与计算方法, 开展了中国近海绿潮生物量光学遥感估算方法研究与交叉验证。结果表明: (1)相较于绿潮像元面积和覆盖面积, 绿潮生物量估算结果的不确定性最小, 该参数能有效减少面积参数所内含的尺度效应差异, 能更准确地用于海洋绿潮的量化与评估。(2)基于 CZI 和 MODIS 数据开展 2021 年中国近海绿潮生物量协同监测应用, 该数据具有较高的时间分辨率, 有效提高了绿潮生物量监测的精度, 展现了绿潮生物量的精细空间分布格局与变化趋势。中国海洋一号 C、D 卫星搭载的海岸带成像仪 CZI, 具有较高的空间分辨率、优良的辐射分辨率、高信噪比等, 在近海大型漂浮藻类的面积监测与生物量估算中效能显著, 能提供更为精细定量的业务化应用卫星遥感数据。

2) 基于 HY-1C/D 卫星 CZI 载荷近三年长时序数据, 通过自主研发的海洋溢油卫星遥感监测系统, 对中国近海及相关海域开展溢油监测与分析。研究结果阐明了中国近海溢油污染状况, 近 3 年来共监测到溢油事件 57 次, 渤海、黄海、南海是溢油发生的主要海域, 部分地区近海环境监管压力较大。数据分析结果展现了优异的载荷性能, HY-1C/D 卫星 CZI 数据能有效识别不同耀光反射条件下的非乳化油膜与乳化油等典型溢油污染类型, 从而为溢油油种鉴别提供新的参考; 还阐明了中国近海溢油分布状态和空间分布格局。表明我国自主海洋卫星数据在近海溢油监测、绿潮监测等方面发挥了重要的数据支撑和技术支撑作用。

3) 中法海洋卫星 CFOSAT 搭载的海洋波谱仪与 HY-2B 高度计都可以测量星下点有效波高 (SWH)。本项目中利用 HY-2B 卫星和 CFOSAT 卫星星下点 SWH 分别与国家数据浮标中心 (NDBC) 浮标和 Jason-3 卫星高度计 SWH 数据进行了验证。与 Jason-3 相比, CFOSAT 和 HY-2B 的均方根误差 (RMSE) 分别为 0.21

和 0.27 米，与浮标相比，分别为 0.23 和 0.30 米。结果表明，这两个载荷都可以提供高质量的 SWH，可作为全球 SWH 的新数据源。

4) 本研究对 Sentinel-1 卫星合成孔径雷达 (SAR)、CFOSAT 卫星波谱仪 (SWIM)、WaveWatch III 海浪模式三种海浪谱数据进行交叉比对验证。使用传统的时空匹配方法进行遥感和浮标等现场观测的比较验证时，由于达到匹配条件的数据稀少，对比较验证结果影响较大。提出了一种创新的比较方法，实现了在不同级别海况和海面条件下，海浪谱数据与浮标数据的比对验证。结果表明，在中等和高海况下，SWIM 波束在 8° 、 10° 入射角处提供的波浪谱与浮标数据具有高度一致性。在低海况条件下，SWIM 测量海浪方向谱的偏差主要由受下面三种因素影响：在小波数处的非海浪分量引起的谱值的异常升高（伪峰现象），雷达成像机制中的非线性冲浪板效应，以及对斑点噪声谱的轻度低估。

5) 利用海洋一号 C/D 卫星上搭载的 CZI 载荷数据，以南极普里兹湾 (Prydz Bay) 为研究区域，对区域内冰山阴影进行高精度的提取；根据阴影长度与卫星观测角度信息的几何关系，反演冰山的出水高度；同时，通过对同一区域长时间高频次的重复观测，可对冰山出水高度的动态变化进行监测，评估冰山融化以其对海洋淡水输入量的影响。结果表明：(1) 本研究根据阴影区域的反射差异，提出一种归一化阴影像素指数 (Normalized Shadow Pixel Index, NSPI)，该指数可对冰山阴影有效提取，并根据阴影形状将其划分为针型、扁平、块状和楔形。(2) 根据阴影长度和冰山出水高度的几何关系，对研究区域内的冰山出水高度进行反演，研究区内冰山的平均出水高度约为 56 m，与空间分辨率为 10 m 的准同步哨兵 2 号卫星载荷 MSI 进行交叉验证，具有较高精度。(3) 随着南极夏季，普里兹湾的固定冰大量融化，冰山出水高度也发生变化，出水高度在 2 个月内平均降低约 1.89 m，未来可结合气象数据进行更长周期的统计分析。利用高空间分辨率的光学遥感数据开展冰山出水高度的动态遥感监测，对极地区域冰山的精准、定量、动态监测，具有重要的方法与数据参考意义。