

油膜覆盖海面 X 波段同极化雷达后向散射仿真

孟昕雨^{1,2}, Ferdinando Nunziata³, Andrea Buono³, 杨晓峰^{1,4},

1 遥感科学国家重点实验室, 中国科学院空天信息创新研究院, 中国北京; 2 中国科学院大学, 中国北京; 3 Dipartimento di Ingegneria, University of Naples - Parthenope, Napoli, Italy, 4 海南省地球观测重点实验室, 三亚中科遥感研究所, 中国三亚

合成孔径雷达 (SAR) 由于具有全天时、全天候、高分辨率和大范围观测的优势, 已经成为监测海洋环境和溢油污染最有效的手段之一。海洋上的矿物油膜会抑制海面毛细波, 降低海面粗糙度, 从而在 SAR 图像上呈现“暗区”。然而, 海洋中的浮游植物或鱼类等产生的生物表面活性物质也会造成粗糙的平滑, 在 SAR 图像上产生类似的低后向散射区从而与矿物油膜的散射信号混淆。因此, 为充分理解海面油膜与 SAR 散射信号之间的关系, 需要从理论散射模型的角度进行仿真分析, 从而有效区分矿物油膜与生物油膜。

单分子厚度的油膜会对短重力波-毛细波产生共振类型的粘性阻尼, 可以用“Marangoni”效应描述, 同时, 通过降低海面摩擦风速, 油膜会削弱海风对海面波的能量输入从而影响长波部分。在本文中, 分别采用两种常见的海面电磁散射模型: 两尺度边界扰动模型 (Two-scale BPM) 和先进积分方程模型 (AIEM), 以及两种海浪谱阻尼模型: Marangoni 模型和局部平衡模型 (MLB) 对无油和油膜覆盖海面的后向散射信号进行了仿真计算, 并对矿物成因的油膜和生物表面活性物质进行了区分。仿真结果表明, 不同的油膜类型和阻尼模型条件下, 基于上述两种电磁散射模型得到的溢油海面散射系数及散射阻尼比具有较大的差异。

本研究利用 X 波段 TerraSAR-X 获取的海面 SAR 数据对模型仿真结果进行了对比验证, 对比分析结果表明: 1) 对于无油海面, 两尺度 BPM 和 AIEM 模型在入射角小于 40° 时的同极化散射仿真结果差异较大, 而当入射角超过 40° 时, 两模型仿真结果与实测数据都具有较好的一致性。在低入射角时, BPM 仿真结果更符合 SAR 实测数据, 而 AIEM 仿真得到的同极化比与实测结果更为一致; 2) 对于生物成因浮油覆盖的海面, 利用 BPM 结合 Marangoni 效应仿真得到的散射系数阻尼比与 TerraSAR 数测数据更为一致; 3) 对于矿物油膜覆盖海面, 利用 AIEM 结合 MLB 阻尼模型能够得到与实测数据更为符合的仿真结果。另外, 利用散射阻尼比区分矿物油与生物油的能力取决于雷达的入射角, 不同的电磁散射模型应结合相应的阻尼模型对其进行理论分析。

本工作得到了 ESA-NRSCC Dragon 5 合作项目 ID57979 “Monitoring harsh coastal environments and ocean surveillance using radar remote sensing sensors” 的支持。