基于 GF-3 的不同极化方式 SAR 图像海面油膜识别的比较

——以“桑吉”轮事故为例

付弘涛，秦平

（自然资源部 东海预报中心 上海 200136）

摘要：基于我国自主研发的首颗分辨率达到 1 m 的 C 频段多极化合成孔径雷达高分三号卫星(GF-3)，通过典型溢油案例定性和定量地比较了双极化与单极化图像预处理性能，分析了不同的极化组合对海面油膜识别结果的影响。得出结论：同向极化与异向极化成像差异明显，VV 极化明显比 VH 极化回波强度高，并且油膜识别度较高；相反，双极化 VHVV 方式与单极化 VH 方式图像效果区别不大，双极化方式并不能绝对性地提高地物识别度。

关键词：合成孔径雷达；案例；双极化；单极化；油膜识别

中图分类号：P76 **文献标志码：**A **文章编号：**1005－9857(2019)03－0054－03

Comparison of Sea Surface Oil Film Identification in Different Polarization-based GF-3 SAR Images: A Case Study of the “Sangji” Accident

FU Hongtao, QIN Ping

(East China Sea Forecast Center, Ministry of Natural Resources, Shanghai 200136, China)

Abstract: Based on the first c-band multi-polarization synthetic aperture radar satellite data (GF-3) with a resolution of 1m independently developed in China, the dual-polarization and uni-polarization image preprocessing performance was compared qualitatively and quantitatively in typical oil spill cases, and the influence of different polarization combinations on the identification results of offshore oil film was analyzed. It was concluded that the imaging difference between unidirectional polarization and anisotropic polarization was obvious, the VV polarization was obviously higher than the VH polarization echo, and the oil film identification was higher. On the contrary, the image effect of dual-polarization VHVV mode was not much different from that of single-polarization VH mode, and dual-polarization mode could not absolutely improve the recognition of ground objects.

Key words: Synthetic aperture radar, Case, Double polarization, Literal, Oil film identification

收稿日期：2018-09-03；**修订日期：**2019-01-21

作者简介：付弘涛，工程师，硕士，研究方向为海岸带与海岛环境遥感

0　引言

20 世纪 90 年代，星载合成孔径雷达已成为空间对地观测发展的“热点”，高分三号卫星(GF-3)不受云、雨等天气条件的限制，可全天候、全天时监视监测全球海洋和陆地资源，是高分专项工程实现时空协调、全天候、全天时对地观测目标的重要基础，服务于海洋、减灾、水利、气象以及其他多个领域，为海洋监视监测、海洋权益维护和应急防灾减灾等提供重要技术支撑，对海洋强国、“一带一路”建设具有重大意义。

矿物油对脆弱的海洋和当地近岸生态系统的危害影响是众所周知的。然而，只要全球依赖于石油产品，溢油将会继续发生，加强对溢油的监测是非常必要的。因为合成孔径雷达(Synthetic Aperture Rdar)具有上述特点，所以 SAR 在溢油监测中起着非常重要的作用。

然而，SAR 卫星的测定能力仍依赖于天气条件和石油膜的厚度。在低风速的情况下，自然因素导致的海面浮油可能会误导监测结果[1]。在高风速的情况下，油水混合同样不能探测到表面抑制的效果。SAR 图像上的信息是地物目标对雷达波束的反映，主要是地物目标的后向散射形成的图像信息。反映 SAR 图像信息的灰度值主要受后向散射的影响。雷达发射的能量脉冲的电场矢量，可以在垂直或水平面内被偏振。雷达遥感系统常用 4 种极化方式——HH、VV、HV、VH。前两者为同向极化，后两者为异向(交叉)极化。具有 HH、HV、VH 和 VV4 种极化的全极化 SAR 的散射矩阵包含了地物的全部散射信息，有利于深入分析地物特性。

然而，异向极化与同向极化在回波强度有什么区别，与单极化方式相比，双极化能在多大程度上提高识别度，是否双极化就一定带来更好的识别效果，这是人们普遍关注的问题[2]。本研究以近期海上溢油事故为例，研究了基于 GF-3 雷达数据的海面溢油处理流程。同时，结合实测资料定性、定量地分析了不同极化组合方式对海面油膜识别的影响。

1　GF-3 雷达数据处理

雷达数据处理主要是将 L1A 级单视斜距复数(SLC)数据转换为地理编码后的 L2 级强度或幅度数据。基础 SAR 处理模块一般包括数据导入、辐射定标、复数数据转换、影像裁剪、多视处理、自适应滤波、转 DB 影像、斜地距转换和地理编码 9 个部分。目前 SAR 数据处理常用软件有 ENVI、Gamma 以及国内使用较多的 PIE 等。技术流程如图 1 所示。

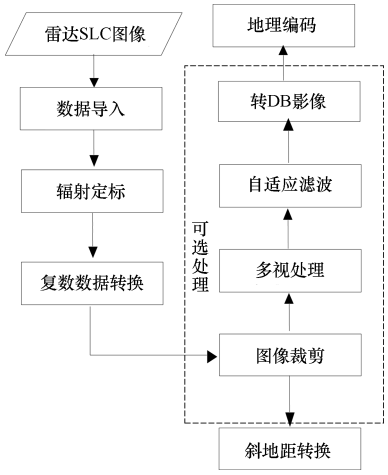

图 1　雷达图像预处理一般流程

1.1　GF-3 数据导入

将 GF-3 数据导入成雷达处理模块标准数据格式，包括 GF-3 单极化数据入和 GF-3 双极化数据导入。

(1)输入元数据文件：输入待导入的雷达数据元文件(. mate. xmL)。

(2)极化类型选项：包括 HH、HV、VH、VV 4 类极化选项；其中 HH 和 VV 为单极化数据类型，HV 和 VH 为双极化数据类型，全极化数据则包括以上 4 种极化形式。

(3)输出文件：设置输出结果的保存路径及文件名，目前支持 ENVI IMG、ERDAS IMG、GeoTIFF Files 格式。

1.2　辐射定标

由于多种误差源的存在，不同来源的 SAR 数据通常存在辐射误差，辐射定标将不同来源的 SAR 数据校正到统一的参考基准，以精确反映地物回波特性。

根据雷达方程，SAR 数据辐射定标的公式为：

$$P_d = P_t \times G_t{}^A(\theta_{el},\theta_{az}) \times G_r{}^A(\theta_{el},\theta_{az}) \times \lambda^3 \times$$

$G_r^E \times G_P \times A \times \sigma^0 /(4\pi)^3 \times R^3 \times L_s \times L_a + P_n$

式中：P_d 为传感器接收到的后向散射强度；P_t 为传输功率；P_n 为附加功率；G_r^A 为透射和接收天线增益；G_r^E 为雷达接收器的电流增益；G_p 为处理器常数；R 为距离传播损耗；θ_{el} 为天线仰角；θ_{az} 为天线方位角；L 为大气(La)和系统(Ls)的损耗；A 为散射面积。

1.3 复数的数据转换

强度/幅度特征是 SAR 影像最主要的特征之一，基于 SAR 强度/幅度影像可以提取地物目标信息，因此需要将 SAR 复数数据转换为 SAR 强度/幅度数据。数据转换即可将复数格式数据转换为强度、幅度、相位、实部和虚部等类型。

1.4 多视处理

为提高图像的视觉效果，同时提高对每个像元后向散射的估计精度，需要进行多视处理。多视处理是指将整个有效合成孔径长度分成多段分别对同一场景成像，然后将所得的图像求和叠加到一幅 SAR 图像。多视处理的目的是抑制斑点噪声，代价是降低方位分辨率。

1.5 地理编码

地理编码是依据相关基准将影像数据从雷达成像时的坐标系统(距离－方位)转换到某种较为通用的参考坐标系统。

地理编码类型：地理编码椭球校正(GEC)，GEC 将地球表面简化为一个椭球面。地理编码地形校正(GTC)，GTC 利用数字高程表面模型作为真实地球表面进行参数优化。

2 不同极化方式油膜识别比较

极化是微波的一个突出特点，极化方式不同返回的图像信息也不同。极化方式对雷达波束响应的影响比较大[4]。以 2018 年 1 月 6 日巴拿马籍油船“桑吉”轮碰撞事故为例，使用我国自主 GF-3 号雷达卫星数据，随机抽取 3 个时相案例分 3 组解译比对，并结合船只出油点比较不同极化方式 SAR 图像油膜特征，定性、定量地分析不同极化方式对识别油膜准确度的影响。

3 结果与分析

通过对图像对比分析，可以得出同向极化与异向极化成像差异明显，VV 极化明显比 VH 极化回波强度高，并且油膜识别度较高；相反，双极化 VHVV 方式与单极化 VH 方式图像效果区别不大，双极化方式并不能绝对性地提高地物识别度。

同样，异向极化方式 VH 和双极化方式 VHVV 并不能有效呈现海面油膜信息，而同向极化 VV 方式仍然可以监测到细微油膜信息，故更加印证了同向 VV 极化方式对与海面油膜监测较为有效，并且佐证了 VV 极化明显比 VH 和 VHVV 回波强度高。

因此，对于光滑的水体(尤其是海面油膜)，HH 极化比 VV 极化回波强度低；一般情况，交叉极化(HV 和 VH)的回波强度比同极化(HH 和 VV)低很多，与单极化方式相比，双极化方式并不能绝对性提高地物识别效果。

参考文献

[1] 吴永辉，计科峰，郁文贤.利用 SVM 的全极化、双极化与单极化 SAR 图像分类性能的比较[M].北京：科学出版社，2008.

[2] BYUNG H C，DUK J K，JI H H.Detection of oyster habitat in tidal flats using multi-frequency polarimetric SAR data[J].Estuarine，Coastal and Shelf Science，2011，97.

[3] 张兵，董臻，梁甸农.极化目标检测算法性能评价研究[J].系统工程与电子技术，2001(3)：28－30.

[4] 李颖，李冠男，崔璨.基于星载 SAR 的海上溢油检测研究进展[J].海洋通报，2017，36(3)：241－249.