

利用 SAR 图像识别海面油膜的方法介绍

原君娜,邵 芸,田 维,王世昂

(中国科学院遥感应用研究所遥感科学国家重点实验室,北京 100101)

摘要:利用 SAR 图像可以有效地识别海上油膜。通过对南海及渤海地区的 80 多景 ASAR 数据进行暗区域分析,利用海面烃类油膜雷达遥感图像监测系统(System for Oil Spill Detection 1.0,简称 SOSD 1.0)提取出油膜及低风速区等暗目标的特征参数,包括油膜的后向散射系数、均一度、梯度值、面积、复杂度等。通过对这些参数进行统计分析并结合人工解译,找出规律,形成根据这些规律以及其它的经验知识来区分油膜及非油膜的过程,并结合实例进行说明。

关 键 词:ASAR;SOSD 1.0;烃渗漏油膜;污染性油膜;暗区;特征参数值

中图分类号:TP 79 **文献标志码:**A **文章编号:**1004-0323(2010)01-0097-05

1 引 言

海上溢油由于其范围广,难处理,所以一直是世界各国普遍关注的问题,它关系到国民生活的各个方面。目前已经发展了各种各样的油膜检测手段,其中利用 SAR 检测油膜取得了很好的效果。

目前已经建立了很多海上溢油监测系统,而所有系统中合成孔径雷达遥感(SAR)是最重要和有效的手段。由于 SAR 特殊的主动工作方式,油膜在 SAR 图像上的后向散射系数比正常海面要低,因此油膜在 SAR 图像上就是暗区域。将海面上的油膜主要分成两种:烃渗漏油膜、污染性油膜。这两类油膜的形状特征比较明显。当然海上还有其它的暗区域,例如低风速区等。这些不同的暗区具有各自不同的特征值。

本文通过对中国渤海和南海海域的 80 景 ASAR 数据进行油膜及非油膜等暗区的人工识别,并利用海面烃类油膜雷达遥感图像监测系统(System for Oil Spill Detection 1.0)^[1]提取出它们的特征参数值。通过一定的经验知识,对典型油膜和非油膜的参数进行分类统计分析,找出其中存在的规律,然后结合其它相关的海面状况等知识,就可以很好地识别出油膜。最后,通过一个污染油膜的实例进行分析,取得了较准确的结果。

2 油膜特征参数的提取

2.1 SOSD 1.0 简介

海面烃类油膜雷达遥感图像监测系统(SOSD 1.0)是一套可以实现雷达遥感图像海面油膜自动检测与海面暗目标特征参数的自动提取软件。可以提取出 10 多个参数值,包括目标后向散射系数均值 AVR1,目标后向散射系数标准偏差 SD1,海面后向散射系数均值 AVR2,海面后向散射系数标准偏差 SD2,目标—海面边界后向散射系数梯度均值 GRD,目标—海面后向散射系数差值 DIFF,目标面积 A,目标周长 P,目标复杂度 C,目标质心坐标 COOR,目标均一度 PMR1,海面均一度 PMR2。目前 SOSD 1.0 支持 ENVISat 传感器的 Image、Alternative Polarization、Wide Swath 格式的数据。图 1 是 SOSD1.0 的使用界面。

2.2 特征参数的提取

本文利用 SOSD 1.0 对已有的 50 景南海和 32 景渤海的 ASAR 数据进行了油膜特征参数的提取,共提取出大约 8 000 个油膜及 400 个非油膜(低风速区等)的特征参数。所有这些油膜与非油膜的划分只是根据人为的经验划分的,有不确定性。为了使统计分析的结果更有说服力,又结合了相关的信息,如钻井平台、船只等,从中找出了部分典型油膜

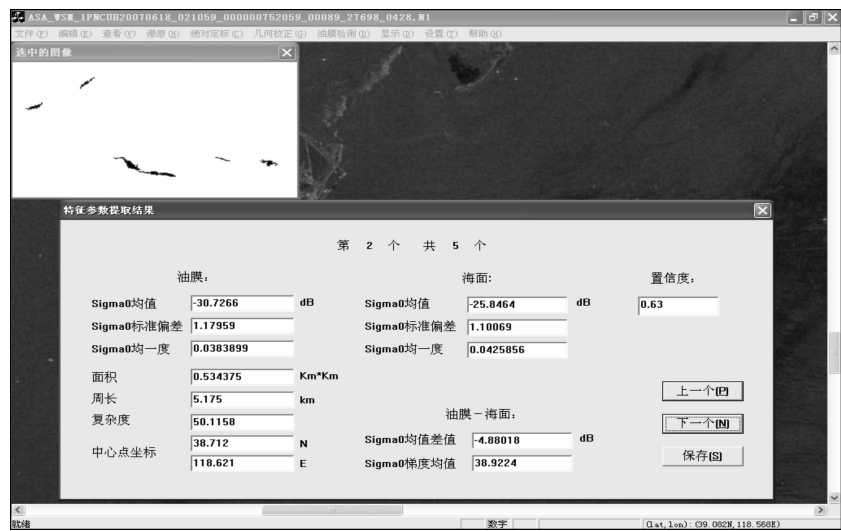


图 1 SOSD 1.0 软件的使用界面
Fig.1 The surface of the SOSD 1.0

及非油膜的特征参数。图 2 是典型油膜和非油膜的例子。

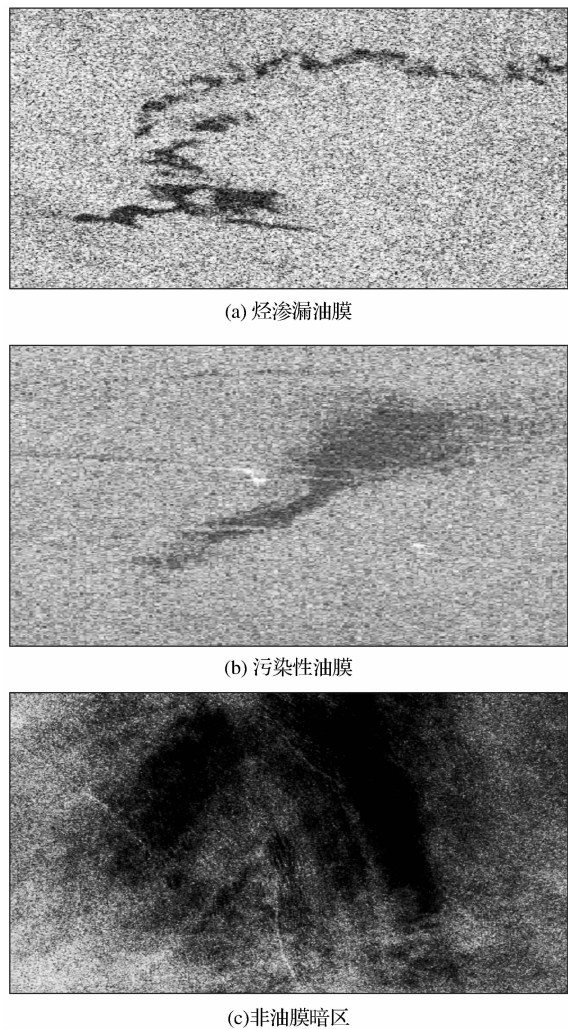


图 2 典型油膜与非油膜的例子

Fig.2 Examples of typical spill and look-alikes

3 典型油膜及非油膜特征参数分析

3.1 油膜的雷达成像原理

SAR 发射的电磁波与海面相互作用,从而对海面成像。在海洋雷达遥感应用中,对于入射角为 $20^{\circ} \sim 70^{\circ}$ 的侧视 SAR, 遥感器所接收到的后向散射信号主要来自于入射电磁波与海面毛细波及短重力波的 Bragg 共振产生的后向散射。海面油膜的存在引起海水表面张力的减小、阻尼海水的短表面波(如毛细波和短重力波)对入射电磁波的 Bragg 散射作用,改变海面粗糙度,进而使海水表面的散射特性发生改变。而 SAR 对表面粗糙度极为敏感,海面油膜对海面短重力波、毛细波的阻尼作用使得其在 SAR 图像上呈低散射区。国内外大量研究表明,海面风场、波浪直接影响海面油膜 SAR 探测结果,在风速和波浪高度合适的情况下海面油膜能够被 SAR 探测^[2]。另外,可能降低海面 Bragg 散射的因素还包括:海洋内波、海底地形、海流锋面、上升流、生物表面膜、大气重力波、大气边界滚动、大气锋面、岛屿尾流、海岸风、海上降雨等等,这些都增加了海面油膜 SAR 遥感探测的复杂性和不确定性^[3]。并且油膜的特性非常复杂,即使是同一种类型的油膜,其特征参数也不尽相同,因为油膜的参数特征与各种因素有关。如油膜厚度、油的种类、油膜形成的时间等,就算这些因素都是一样的,但是还有很多客观因素影响油膜的参数特征,像风场引起的海浪等,以及各种海洋内的其它现象等。因此,即使是相同的海域,由于海洋的面积很大,不同地区的海况也不相同,其在 SAR 图像上的后向

散射系数也会受到影响。

3.2 典型特征参数的统计分析

3.2.1 前期分析

ASAR 传感器有 7 个不同入射角的数据,图像经过公式(1)辐射定标得到的后向散射值与入射角有关,不同入射角的图像其后向散射值不同。因此,油膜的后向散射值在不同图像之间没有很好的可比性。

$$\sigma_{i,j}^0 = \frac{DN_{i,j}^2}{K} \sin(\alpha_{i,j}) \tag{1}$$

然而,目标—海面后向散射系数差值 DIFF 反映的是相对值,可以对这个参数进行分析;不同类型的油膜或者非油膜暗区的均一度 PMR 也有一定的差别;目标—海面边界后向散射系数梯度均值 GRD 反映了暗目标与周围不同性质海面的梯度变化情况。因此,这些值都是比较理想的分析对象,主要通过它们进行分析,找出规律。

当入射角小于 15°时,海面雷达后向散射系数急剧升高,这是因为此时镜点散射取代 Bragg 共振散射成为主要散射方式。当入射角大于 70°时,σ 值急剧下降,Bragg 共振散射也已不再是唯一散射方式。因此,入射角大约为 20°的图像,其后向散射系数相差不大。ASAR 数据包括 IS1-IS77 个入射角模式的图像,本文分析的数据主要是 IS1 和 IS2 以及部分 IS4、IS5 模式,IS1 和 IS2 数据的后向散射系数相差不大,并且角度有部分重叠,可以将其放在一起进行分析。

前面提到过,海面上除了油膜的后向散射值比较低,低风速区、大气锋面等也在 SAR 图像上呈现暗斑特征,它们也具有这一系列特征参数值,本文也对此进行了分析,找出它们与油膜的不同。

3.2.2 参数统计结果及规律

本文共找出了 456 个典型自然渗漏油膜,57 个污染性油膜和 126 个非油膜,并利用 SPSS 软件对其各个特征参数进行了统计。以自然渗漏油膜为例,得出如图 3 所示的统计直方图。

正如前面提到的,能够起到区别作用的参数主要有 3 个,因此对这 3 个参数通过统计平均,具体参见表 1。

由表中数据可以看出非油膜的散射系数的差值绝对值最大,污染性油膜的最小。不同油膜的梯度值之间的区别比较明显,自然渗漏油膜的梯度值最大,在 40 左右,非油膜的最小,不到 30。整体来说均一度值差别不大,但是非油膜的均一度明显较小。

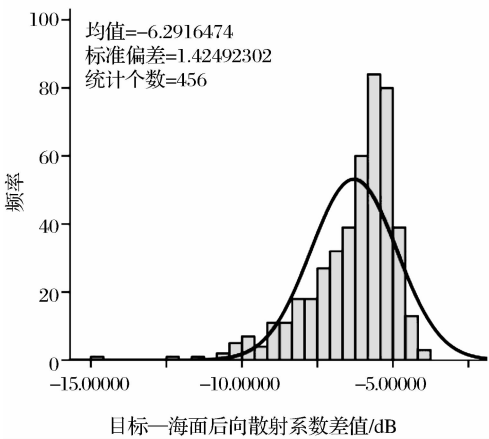


图 3 统计直方图

Fig. 3 Example of the statistical histogram

表 1 统计平均结果

Table 1 Results of the statistical average value

油膜类型	DIFF	GRD	PMR
自然渗漏油膜	-6.29165	42.03062	0.063117
污染性油膜	-7.15347	33.41114	0.064263
非油膜	-8.912294	29.0668413	0.040167

通过利用 SOSD 1.0 软件对 ASAR 数据中的暗区进行特征参数提取,提取出来的特征参数就可以根据上述的规律进行大体归类,区别油膜的种类。

4 总结识别油膜类型的过程

在 ASAR 图像上辨别油膜的过程主要有几下几步:

(1) 观察油膜的位置分布规律

一般污染性油膜分布在船只或者钻井平台附近,形状不规则。船舶污染一般呈线状,特别是在尾迹刚刚形成的一段时间内。在污染带的起始段一般会有船舶在雷达图像上形成的亮点。当有大量船只聚集时,周围的油膜一般范围较大,形状各异。海上油田钻井平台漏油也可以很容易找到与其相关的钻井平台,即暗色区域附近的亮点。其污染物的扩散方向受洋流和海面风场的影响。图 2(b)就是很明显的例子。

(2) 观察油膜的形状纹理特征

污染性油膜的形状一般不规则,范围可大可小,因为一般都有一定的扩散时间,其边界不太明显。根据常识,我们可以通过日常生活中在水面撒了一滴油的扩散形状来理解污染性油膜。自然渗漏油膜由于它们特殊的形成原因,其形状通常都比较细长,有的呈镰刀状,而且边界较明显,但是范围不是很大。

海面上的其它似油膜现象有时候也很容易误导

人的眼睛,但还是可以通过一定的经验知识将它们区分开来。海面 SAR 图像上经常有一类现象很容易被认为是油膜的就是风条纹或者浪条纹,但它们也很好区分,它们的条纹一般比较规则,且很多条纹之间是平行的排列。低速风场或高速风场形成的暗区与其它海洋现象也没有明显的边界,但是其范围通常很大,有的形状类似于漩涡状。陆地和暗礁导致的低风带所形成的暗区一般具有明显的地物相关性,可以明显观察出来。大气峰面或风暴形成的暗区在图像上明显不同于其它天气现象,在其锋面两侧,后向散射的强度变化明显,可据此加以区分。

总之,目视识别油膜需要长时间的经验积累。

(3) 分析特征参数规律

在经过上面两个步骤之后,就可以通过对目标的特征参数进行综合分析,按照前面总结的规律,就

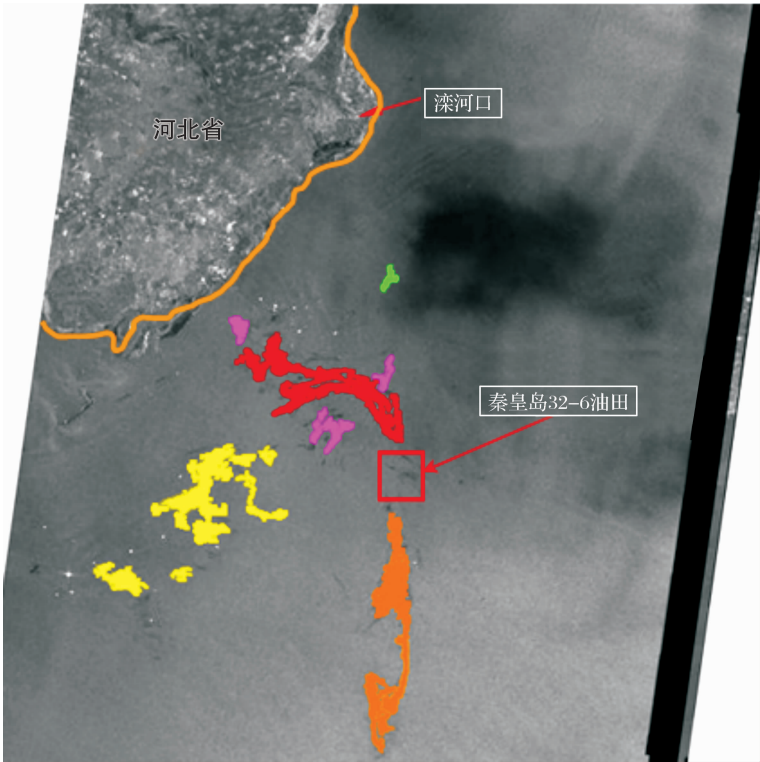
基本可以确定油膜的类型了。

5 实例分析

图 4 是从 2006 年 3 月 23 日上午 10 点获取的欧洲空间局环境卫星(ENVISat)合成孔径雷达图像判断,渤海湾曹妃甸附近发生了严重的溢油事故。分析油膜运移规律和油膜扩散形状可以发现,污染油膜来源于秦皇岛 32—6 油田^[4]。

首先根据目标的位置可以看出来,它位于油田钻井平台附近,说明其为污染油膜的可能性较大。其次它的形状不规则,分布范围较广,但是又不像其它非油膜现象那么大片,也不是暗礁等,并且也不是规则的暗条纹。所以该目标就是污染油膜的可能性很大。

最后利用 SOSD 软件提取出油膜的特征参数值,如表 2 所示。



(根据人工解译,油膜的颜色不同可能代表不同的形成时期)

图 4 2006 年 3 月 23 日的渤海溢油分布图

Fig4. The distribution of oil spill in Bohai, March 23, 2006

表 2 渤海 2006 年 3 月 23 日油膜特征参数值

Table 2 The value of oil spill in Bohai, March 23, 2006

AVR1	SD1	PMR1	A	P	C	AVR2	SD2	PMR2	DIFF	GRD	CONF
−16.7702	1.5236	0.0895	0.2338	5.3434	153.7577	−7.1371	3.0944	0.7332	−9.6331	33.8246	0.5718
−14.5410	1.2791	0.0868	0.0739	2.2397	84.2894	−7.6450	2.3835	0.3140	−6.8958	29.7944	0.4869
−14.5017	1.3600	0.0938	0.0747	2.5503	113.4234	−5.9708	3.1139	0.5218	−8.5309	30.5098	0.4950
−14.4581	1.3405	0.0917	0.1314	4.3854	156.1154	−7.1650	2.4652	0.3472	−7.2930	29.5778	0.4815

由上表中的数据经过统计平均,得出几个关键的参数值为:目标—海面后向散射系数差值 DIFF 为-7.6906,目标—海面边界后向散射梯度值 GRD 为 30.3795,虽然这些特征值的规律和前面提到的规律有一点小小的差别,但是总体上基本是一致的。

通过这个例子,可以看出来,基于油膜特征参数分析及结合经验知识的海面油膜识别方法是有效的。

6 结 语

基于 SAR 图像的油膜识别是一种有效的方法,主要原理是利用油膜与海面的散射机理的不同。但是只有在中低海况下才能有效的识别油膜,在高海况下,油膜的识别基本就没有意义。其次,油膜的特征参数值与很多因素有关,形成时间不同,油的类型不同,海况不同等都会影响到参数。所以本文所讲的只是一种识别油膜的方法步骤,需要结合很多知识,相对来说有效,但并不是严格的有效。因此,以后还要对其进行深入研究和改进。

参考文献:

[1] Tian Wei. Research on the Principle and Approach of Oil Spill Detection Based on Microwave Remote Sensing Technology [D]. Beijing:Institute of Remote Sensing Application Chinese Academy of Sciences,2009. [田维. 海面油膜雷达遥感检测机理与方法研究[D]. 北京:中国科学院遥感应用研究所,2009.]

[2] Xiong Wencheng, Wu Chuanqing, Wei Bin, *et al.* Oil Spill Detection with SAR in South Korea's Oil Leak[J]. Remote Sensing Technology and Application, 2008, 23(4): 410-413. [熊文成, 吴传庆, 魏斌, 等, SAR 图像在韩国溢油监测中的应用[J]. 遥感技术与应用, 2008, 23(4): 410-413.]

[3] Huang Xiaoxia, Zhu Zhenhai. Detection of Sea Surface Slick Features Using SAR Image[J]. Journal of Remote Sensing, 1993, 3(1): 149-53. [黄晓霞, 朱振海. 海洋表面油膜特征的 SAR 图像探测[J]. 遥感学报, 1993, 3(1): 149-53.]

[3] Li Jin. Research of Monitoring Oil-slick over Bohai Sea Using SAR Remote Sensing[D]. Beijing:Institute of Remote Sensing Application Chinese Academy of Science, 2007. [李进. 渤海溢油污染的 SAR 遥感检测研究[D]. 北京:中国科学院遥感应用研究所, 2007.]

Introduction of the Method of Discriminating Oil Spills in SAR Images

YUAN Jun-na, SHAO Yun, TIAN Wei, WANG Shi-ang

(State Key Laboratory of Remote Sensing Science, Institute of Remote Sensing Applications, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China)

Abstract: The oil spills can be effectively discriminated through SAR images. This paper is taking use of the characteristic parameters extracted from the ASAR images of south sea and other sea areas of China using the software of marine oil spill radar image monitoring systems, which include the backscatter coefficient of oil film (AVR), the homogeneous level (PMR), gradient value (GRD), the area(A), the complicated level (C), and so on. Based on the statistical regularity of these parameters and other knowledge, this paper will tell readers a method of discriminating oil spills and look-alikes. And an example is also attached.

Key words: ASAR; SOSD 1.0; Hydrocarbon seepage; Polluted oil films; Dark texture; Characteristic parameters