#### doi: 10.6046/gtzyyg.2014.04.19

引用格式: 熊文成,肖如林,申文明,等. 国产单极化 SAR 数据在锰渣尾矿库自动化识别中的应用[J]. 国土资源遥感,2014,26 (4):119-124. (Xiong W C,Xiao R L,Shen W M, et al. Application of Chinese single polarization SAR data in automatic identification of manganese slag pools[J]. Remote Sensing for Land and Resources,2014,26(4):119-124.)

## 国产单极化 SAR 数据在锰渣尾矿库 自动化识别中的应用

## 熊文成,肖如林,申文明,付卓,史园莉

(环境保护部卫星环境应用中心,北京 100094)

摘要:为了挖掘国产单极化 SAR 数据在自动化识别尾矿库中的作用,辅助光学数据以提高锰渣尾矿库的识别精度,针对锰渣尾矿库及其在光学遥感图像中容易混淆的目标,从定性的角度分析了二者的散射特性以及在 SAR 图像中的差异特点;并开展锰渣尾矿库自动化识别研究;利用面向对象的方法对光学遥感图像进行分割;选取典型 锰渣尾矿库及其易混淆目标,进行纹理特性计算。实验结果表明:可以通过纹理特征有效地建立锰渣尾矿库在雷 达图像中的识别规则,为实现光学遥感数据和雷达数据相结合的计算机自动识别锰渣尾矿库提供基础。

关键词: 锰渣尾矿库; SAR 数据; 面向对象; 纹理

中图法分类号: TP 79 文献标志码: A 文章编号: 1001 - 070X(2014)04 - 0119 - 06

### 0 引言

尾矿库是指筑坝拦截谷口或围地构成的、用以 堆存金属或非金属矿山进行矿石选别后排出尾矿或 其他工业废渣的场所。尾矿库是具有高势能的人造 泥石流危险源,一旦发生溃坝,容易造成重特大事 故。因此,严密监控尾矿库是矿山管理部门的一项 重要任务<sup>[1]</sup>。目前,我国对尾矿库基础数据的监测 多数还停留在"逐级上报"的人工定时监测阶段,虽 取得了一定成效,但工作周期长且主观性较大。遥 感技术具有大范围、客观、实时等特点,高分辨率遥 感图像在尾矿库监测中也发挥重要作用<sup>[2]</sup>。很多 学者利用光学遥感卫星数据(以下简称"光学数 据")进行矿区(包括尾矿库环境)监测,建立了尾矿 库环境光学遥感监测指标及其解译标志[3-9]。利用 雷达进行固废堆场的监测,在国内外文献中较为少 见,这可能是由于一方面对雷达数据的使用并不如 光学数据那样普及;另一方面尾矿库作为监测目 标,对遥感数据的分辨率要求很高,使用低分辨率遥 感数据难以对尾矿库进行有效识别。但随着国产高 分辨率雷达卫星(HJ-1-C)的成功发射,利用单极 化合成孔径雷达(SAR)数据(以下简称"雷达数 据")对尾矿库进行监测已成为可能;并且雷达数据 具有全天时、全天候的特点,对于尾矿库应急监测具 有重要意义<sup>[10-14]</sup>,高分雷达数据在目标识别方面已 得到迅速发展<sup>[15-18]</sup>。因此,本文以锰渣尾矿库的识 别为例,探索雷达数据与光学数据相结合的自动识 别方法。

### 1 研究区概况与数据源

本文选择贵州省松桃县为研究区,该区地处黔、 湘、渝3省市结合部,与湖南省花垣县、重庆市秀山 自治县山水相依,是我国锰储藏量最为集中的地区, 与花垣、秀山合称"锰三角"。长期以来,"锰三角" 区由于规划不合理、片面追求经济增长、企业环境保 护意识差以及监管不力等原因,锰矿开采及锰渣堆 放曾经给该区环境造成严重污染。

锰渣尾矿库是专门用于堆放电解锰生产过程形成的锰渣。2007年我国电解锰产量已超过100万t, 每生产1t电解锰粉所排放的酸浸废渣量约6~7t。 这些酸浸废渣颗粒细小,且含有一定量的有害元素, 目前处理方式主要是征用大量专用场地存放,形成 大小不同的锰渣尾矿库。这样不仅增加了企业土地 征用和场地处置等费用,使企业生产成本增加,还大 量消耗土地资源,并且废渣的长期存放,使一些有害 元素通过淋滤渗透,进入土壤、地表径流和地下水,

收稿日期: 2013-08-27;修订日期: 2013-11-18

基金项目:环境保护部环境保护公益性行业科研专项项目"基于天地一体化工业特殊固体废物监管技术研究与示范"(编号: 2011467043)资助。

严重影响了土壤和水资源质量,污染环境,危害社会。

本研究采用的光学数据是 SPOT5 多光谱图像, 空间分辨率为 10 m,共4 个波段,时相为 2010 年 7 月;采用的雷达数据为环境一号 C(HJ-1-C)卫星 SAR 数据,空间分辨率为5 m(单视),幅宽为 36 km,S 波段,极化方式为单极化 VV 极化,时相为 2013 年 2月。

2 锰渣尾矿库雷达监测原理

由于雷达特殊的成像方式,其图像与人眼对地 物的观测有很大不同。因此,相对光学图像来说,对 雷达图像较难解译,常常仅作为对光学图像解译结 果进行校核、补充的辅助性解译。SAR 图像的解译 标志虽然也包括色调、纹理、形状、尺寸、阴影和模 式,但它们所反映的地物目标特性与光学遥感图像 是不一样的。SAR 影像特征主要取决于2个方面的 参数:①雷达系统参数,包括波长、极化、入射角和 入射方向等;②目标物参数,包括复介电常数、表面 粗糙度、几何特性、面散射和体散射特性及其方向特 性[13-14]等。因此,在锰渣尾矿库雷达监测时,分析 锰渣的物质结构、堆放状态等特点对解译锰渣雷达 图像至关重要。锰渣是为生产电解锰而产生的废 渣。电解锰的主要生产工艺包括锰矿破碎制粉、浸 出、化合及压滤等环节。在此过程中生产的废渣经 挤压和水分排干后堆放在尾矿库中。

#### 2.1 锰渣尾矿库雷达图像特征

锰渣尾矿库在雷达图像中主要有以下特征:

1)形状大小特征。电解锰企业一般规模较小, 其尾矿库规模也相对较小,大多在0.5~5.0万m<sup>2</sup>。

2)散射特征。锰渣经过挤压,内部空隙很小, 含水量不高;由于堆放形态在一定时期变得平整, 大部分地方的粗糙度不大,使得锰渣的整体后向散 射偏弱。

3)纹理特征。锰渣在堆积时是用货车一车车 地卸渣,因此在库中大多是一堆堆存放,局部地方可 能进行过平整,蓄水能力弱,故在入射方向能有明显 的堆积坝纹理。

4)组成结构特征。锰渣尾矿库由坝体、库体、 渗滤液收集池、进出的运渣道路及值班房等组成。

5)空间分布特征。电解锰渣尾矿库通常位于 电解锰厂周边。由于电解锰需要大量用水,因此电 解锰厂邻近河流,距离河流一般不超过1km。

6)时相特征。尾矿库的新建、服役期间的堆积、闭库以及生态恢复等不同阶段的特征形成了尾 矿库独特的时相变化规律。

#### 2.2 锰渣尾矿库雷达图像与光学图像的比较

一般情况下,利用高分辨率光学图像可以很好 地对锰渣尾矿库进行识别;但由于同谱异物的原 因,锰渣尾矿库易与水库、黑色的厂房、裸地等混淆, 因而降低了利用光学图像对锰渣尾矿库的识别率。 由于不同的成像方式,雷达图像的加入可以提高对 尾矿库的识别效果。从试验区的光学图像和雷达图 像中选择4个典型区(图1),其在光学图像中都解 译为疑似尾矿库,通过与雷达图像对比,可以较为明 确地判断该疑似尾矿库的点是否为锰渣尾矿库。



# (c) 典型区3: SPOT5(左)及对应的 SAR 图像(右) (d) 典型区4: SPOT5(左)及对应的 SAR 图像(右) 图1 SPOT5 图像中疑似锰渣尾矿库在 SAR 图像中的区别

Fig. 1 Difference of suspected manganese slag pools in SPOT5 and SAR images

由图 1(a)(b)看出,SPOT5 图像中疑似尾矿库的点在 SAR 图像中不均匀,且散射较强,从而确定

疑似点不是锰渣尾矿库,其中图1(b)实际核查为建筑;图1(c)中,SPOT5图像疑似尾矿库的点在SAR

图像中散射强度很低,从而确定不是锰渣尾矿库; 图 1(d)的 SPOT5 图像中疑似尾矿库的点在 SAR 图 像中散射较为一致,有一定的堆积性纹理,为锰渣尾 矿库的可能性很大,经核查确定为锰渣尾矿库。

锰渣尾矿库的自动识别 3

基于锰渣尾矿库的雷达图像特征及其与光学图 像特征的区别性分析,雷达图像可以辅助高分辨率 光学数据进行尾矿库识别,从而提高识别效果。但 要实现计算机自动识别,则需要建立锰渣尾矿库在 雷达图像中的识别规则。

本次识别试验首先对光学图像进行目标分割, 选取光学图像中典型尾矿库及疑似尾矿库;然后在 目标层次上分析雷达图像的纹理特征和散射特征, 得出适合于识别尾矿库以及弥补光学数据不足的雷 达特征。具体处理流程如图2所示。



for manganese slag pools

#### 3.1 处理过程

3.1.1 图像分割

图像分割是把图像分成若干个具有不同特性的 区域并提取出使用者所感兴趣目标的过程,其分割 的程度依据待解决问题的不同而定。分割特性包括 纹理、颜色、灰度、边缘等。

本文采用 eCognition (易康)软件对 SPOT5 多光 谱图像进行分割。通过试验发现,SPOT5 多光谱数据 在分割尺度为30的情况下对地物边界的绘制较为合 理,且图斑完整性较好,如图3所示。



(a) SPOT5 图像



(b) 分割结果 图 3 SPOT5 图像及其分割结果 Fig. 3 SPOT5 image and its segmentation result

将光学图像的分割结果叠置到雷达图像上,这 样就可以在对象层次上对雷达图像进行分析。

3.1.2 对象样本选择

根据各类地物的影像特征、统计调查资料以及 实地考察资料,选取有代表性的11个样点(表1)作 为研究对象,用于分析利用雷达图像如何区分真实 尾矿库、疑似尾矿库和其他典型地物。

表	1 研究样点
 1	D 1 1

	Tab. 1 Kesearch samples											
序号	地物类型	说明	序号	地物类型	说明							
1	植被山体	植被覆盖的山体	7	建筑物	统计资料中登记的尾矿库,在光学图像中为疑似尾矿库							
2	城市	密集城区	8	厂房	统计资料上登记的尾矿库,在光学图像中为疑似尾矿库							
3	城市	稀疏城区	9	尾矿库	已登记的尾矿库,在光学图像中为疑似尾矿库							
4	已绿化的尾矿库	正在覆土、平整、绿化的尾矿库	10	建筑物	用光学图像目视解译为疑似尾矿库							
5	尾矿库	用光学图像目视解译的疑似尾矿库	11	水体	河流							
6	尾矿库	用光学图像目视解译的疑似尾矿库										

3.1.3 样本分析

在对象层次上,针对上述11个样本,从雷达图像的原始值、归一化值、纹理图像分析值等方面,分析样本间的区别,建立锰渣尾矿库的独特判别标志。

1)图像归一化处理。因为原始图像没有标定, 所以会给定量判断带来一定影响。因此,采用归一 化处理的方式对图像原始数据(DN)进行处理,即

$$f = DN/MEAN , \qquad (1)$$

式中: MEAN 为 DN 均值; f 为归一化处理后的 DN 值。对归一化图像的统计结果(表 2)表明,平均值 (MEAN)和方差(STD)能较好地分辨城市、尾矿库 和水体。建筑和尾矿库的统计值区别不大,但最大值 (MAX)对于判断有无人工建筑有很大作用。

MIN和 SUM 分别代表图像 DN 值的最小值、 总和。

表 2 归一化图像统计结果 Tab. 2 Statistical results of normalized images

***	归一化图像统计值								
作牛	MIN	MAX	MEAN	STD	SUM				
1	0.1	5.4	1.2	0.6	6 189.6				
2	0.1	77.7	1.6	3.2	13 837.4				
3	0.0	28.6	1.6	1.8	12 676.7				
4	0.1	18.5	1.0	1.0	6 303.8				
5	0.0	8.6	1.0	0.7	7 639.5				
6	0.1	11.6	1.0	0.7	6 621.6				
7	0.0	30.1	0.9	1.0	5 528.9				
8	0.1	58.8	1.2	1.7	11 810.3				
9	0.1	7.0	1.1	0.7	4 205.0				
10	0.1	19.6	1.1	1.0	9 966.5				
11	0.0	7.4	0.6	0.3	2 530.9				

2)图像纹理计算。在 10 m 的尺度上进行纹理 分析,分别生成方差、均质性、非相似性、相关系数及 反差等图像<sup>[14]</sup>,并进行相关统计(表 3,4)。其中, 反差图像的各类地物的统计值差别较大。

表 3 方差图像、均质性图像及非相似性图像的统计结果 Tab. 3 Statistical results of variance images, homogeneity images and dissimilarity images

样本	方差图像统计值						均质性图像统计值					非相似性图像统计值				
	MIN	MAX	MEAN	STD	SUM	MIN	MAX	MEAN	STD	SUM	MIN	MAX	MEAN	STD	SUM	
1	0	3	0.2	0.3	1 146	0.2	1.0	0.8	0.1	4 254.0	0.1	2.4	0.5	0.2	2 664.4	
2	0	930	4.9	39.0	4 190	0.0	1.0	0.7	0.2	6 233.4	0.1	41.2	1.0	2.2	8 774.2	
3	0	100	1.5	5.3	11 569	0.0	1.0	0.7	0.2	5 489.9	0.1	10.5	0.9	1.0	7 278.9	
4	0	31	0.4	2.1	2 448	0.1	1.0	0.8	0.1	5 087.8	0.0	7.1	0.5	0.5	2 907.1	
5	0	9	0.2	0.5	1 722	0.2	1.0	0.8	0.1	6 388.4	0.1	3.2	0.5	0.3	3 543.1	
6	0	17	0.2	0.6	1 404	0.3	1.0	0.8	0.1	5 727.5	0.0	5.0	0.5	0.3	3 127.6	
7	0	94	0.4	3.4	2 562	0.1	1.0	0.9	0.1	5 363.4	0.0	11.8	0.4	0.5	2 710.7	
8	0	350	1.5	11.9	14 311	0.0	1.0	0.8	0.2	7 282.5	0.1	21.3	0.7	1.1	6 891.4	
9	0	6	0.2	0.4	854	0.2	1.0	0.8	0.1	3 150.0	0.1	3.0	0.5	0.3	1 869.4	
10	0	41	0.5	2.2	4 823	0.1	1.0	0.8	0.1	6 902.8	0.1	8.8	0.6	0.6	5 282.2	
11	0	6	0.1	0.2	237	0.3	1.0	0.9	0.1	4 206.3	0.1	2.6	0.2	0.1	1 047.7	

表4 相关系数图像和反差图像的统计结果

Tab.4 Statistical results of correlation images and contrast images

样本		相关系数图像统计值						反差图像统计值					
	MIN	MAX	MEAN	STD	SUM	MIN	MAX	MEAN	STD	SUM			
1	- 388 925	-4.7	-1 166	6 046	-6 222 540	0	7.0	0.5	0.5	2 478.7			
2	-84 101	0.0	- 919	2 807	-7 807 540	0	2 121.0	10.3	73.4	87 405.2			
3	- 185 922	-0.1	-1 130	4 022	-8 849 450	0	172.0	3.1	10.0	24 585.8			
4	-218 585	-0.2	-2 527	6 516	-15 474 900	0	71.2	0.9	4.3	5 489.7			
5	-116 334	-1.2	-1 893	4 617	- 14 660 900	0	15.0	0.5	0.9	3 810.7			
6	-248 566	-0.3	-2 170	6 937	-15 073 600	0	42.8	0.5	1.3	3 232.9			
7	-707 288	-0.1	-3 630	13 165	-22 866 300	0	187.1	0.8	6.0	5 340.9			
8	-88 553	0.0	-1 093	2 703	-10 351 800	0	843.6	3.4	25.4	32 426.1			
9	-45 956	-3.0	-1 230	2 413	-4 780 580	0	10.9	0.5	0.8	1 860.0			
10	- 136 162	-0.2	-1 050	3 033	-9 251 350	0	103.1	1.2	4.5	10 457.1			
11	-291 736	-1.9	-5 051	9 785	-2 284 600	0	9.8	0.1	0.3	502.5			

#### 3.2 结果分析

1) 识别规则分析。以反差图像统计结果为例, 分析雷达纹理图对于区分尾矿库与光学图像中混淆 目标的判断方法。 通过平均值 MEAN 即可以区分样本 2,3 和 8 建 筑(居民区)相关的点位(图 4),此特征有利于定位 尾矿库周边环境的敏感目标(人类居住区)。



Fig. 4 Statistical results of average and threshold of contrast images

通过方差 STD(图5)可以区分出内部不均一的



图 5 反左图 除力左与 同、 瓜 岡 直 红 川 垣 木 Fig. 5 Statistical results of variance, high – threshold and low – threshold of contrast images

目标(样本4,7和10),这主要是因为样本4有的覆 土已被绿化,而有的部位还是裸露的尾矿库;样本7 和10由于有稀疏的建筑目标,内部也不均一,且在 光学图像中易与真实尾矿库相混淆,而在雷达图像 中能得到较好地区分。样本11为水体,内部很均 一,所以其方差小于0.5。样本1为植被山体,其均 值和方差都较小,在雷达图像中易与尾矿库相混淆; 但由于植被在光学图像中的光谱特征很明显,所以 在光学图像上能很好地与尾矿库区分。样本5,6和 9为用雷达图像识别到的尾矿库,这些样本都是在 光学图像上较为不确定的点。

从上述分析可以看出,用雷达图像判定锰渣尾 矿库的规则是 *MEAN* >  $a \perp b_2 < STD < b_1$ ,其中: a为平均值的阈值(本文为2);  $b_1 \sqcap b_2$ 分别为方差 的低阈值和高阈值(本文分别为0.5 和2)。

2)实地验证。基于研究区的 SPOT 数据,采用 面向对象的自动化识别方法,可确定 17 个锰渣尾矿 库或疑似尾矿库。进一步结合雷达数据进行判定识 别,确定其中的 14 个为锰渣尾矿库。通过向相关部 门求证,对识别的疑似尾矿库进行了实地验证,结果 表明:光学数据多识别的 3 处尾矿库均为误判,分 别为厂区堆料厂或制砖场。

4 结论

本文通过结合使用光学和雷达数据在尾矿库识

别方面进行研究,取得如下结论:

1)由于在识别尾矿库时,光学图像中存在大量 异物同谱的情况,所以会有较多地物混同于尾矿库。 而雷达图像具有不同的成像方式和机理,可以较好 地区分光学图像中疑似尾矿库等地物,有效提高遥 感数据对锰渣尾矿库的识别效果。

2)由于面向对象的方法不是在像素级别上的 分析,而是在目标层次上的分析,因此对光学数据和 雷达数据的几何配准精度要求不是很高,这也有利 于进行光学数据和雷达数据结合的应用。

3)通过定量分析雷达纹理图像,可以建立自动 化尾矿库识别规则集;但由于国产雷达卫星数据没 有经过很好地定标,故定量分析的规则集不具有普 适性。因此,对于不同时相和不同地区的雷达图像 应用,还需要对高、低阈值进行合理调整。

#### 参考文献(References):

- [1] 新华网.中国尾矿库之危[EB/OL].[2011-01-13]. http://news.xinhuanet.com//c\_12977377.htm.
   Xinhua Net. Crisis of China's tailings[EB/OL].[2011-01-13]. http://news.xinhuanet.com//c\_12977377.htm.
- [2] 陈伟涛,张志,王焰新,等.矿山地质环境遥感监测方法初探
  [J].地质通报,2010,29(2/3):457-462.
  Chen W T,Zhang Z,Wang Y X, et al. Preliminary study on methods of geo environment monitoring in minesites using remote sensing technique[J]. Geological Bulletin of China,2010,29(2/3):457-462.
- [3] 甘甫平,刘圣伟,周强.德兴铜矿矿山污染高光谱遥感直接识别[J].地球科学,2004,29(1):119-126.
  Gan F P, Liu S W, Zhou Q. Identification of mining pollution using hyperion data at Dexing copper mine in Jiangxi Province, China
  [J]. Earth Science Journal of China University of Geosciences, 2004,29(1):119-126.
- [4] 刘圣伟,甘甫平,王润生.用卫星高光谱数据提取德兴铜矿区 植被污染信息[J].国土资源遥感,2004,16(1):6-10.
  Liu S W,Gan F P,Wang R S. The application of hyperion data to extracting contamination information of vegetation in the Dexing copper mine, Jiangxi Province, China[J]. Remote Sensing for Land and Resources,2004,16(1):6-10.
- [5] 王 洁,杨锋杰,李江涛,等. 遥感技术在江西德兴铜矿矿区污染研究中的应用[J]. 山东科技大学学报:自然科学版,2005,24(4):66-69.
  Wang J,Yang F J,Li J T, et al. The application of remote sensing technique in the pollution condition investigation of Dexing copper mine in Jiangxi Province [J]. Journal of Shandong University of
- Science and Technology:Natural Science,2005,24(4):66-69.
  [6] 刘文婷,张志,彭瑛. TM 影像在尾矿库水质监测中的应用
  [J]. 矿业研究与开发,2010,30(6):90-92.
  Liu W T, Zhang Z, Peng Y. Application of TM image in monitoring the water quality of tailing reservoir [J]. Mining Research and Development,2010,30(6):90-92.

- [7] 安国强,吴泉源,高守英. 招远市金矿区环境遥感调查研究
  [J].国土资源遥感,2003,15(2):30-33.
  An G Q, Wu Q Y, Gao S Y. Remote sensing investigation of the gold mining area in Zhaoyuan City[J]. Remote Sensing for Land and Resources,2003,15(2):30-33.
- [8] 苗艳艳,樊 勇,葛纯朴. 遥感技术在湖北矿山环境调查中的应用[J]. 矿业安全与环保,2007,34(5):30-33.
  Miao Y Y, Fan Y, Ge C P. The application of remote sensing technique in the mine sites environment investigation in Hubei Zhaoyuan[J]. Mining Safety and Environmental Protection,2007, 34(5):30-33.
- [9] 赵永明. 基于 3S 技术山西省塔儿山尾矿库监测[D]. 北京:中国地质大学(北京),2011.
   Zhao Y M. Monitor tailings based on 3S technology to Tower Mountain in Shanxi Province[D]. Beijing: China University of Geosciences(Beijing),2011.
- [10] Peyret M, Djamour Y, Rizza M, et al. Monitoring of the large slow Kahrod landslide in Alborz mountain range(Iran)by GPS and SAR interferometry[J]. Engineering Geology, 2008, 100(3/4):131-141.
- [11] Baldo M, Bicocchi C, Chiocchini U, et al. LiDAR monitoring of mass wasting processes: The Radicofani landslide province of Siena, Central Italy[J]. Geomorphology, 2009, 105(3/4):193-201.
- [12] 王 桥,魏 斌,王昌佐,等,基于环境一号卫星的生态环境遥感监测[M].北京:科学出版社,2010.
   Wang Q,Wei B,Wang C Z, et al. Ecological Environment Monito-

ring Based on the HJ - 1 Satellites [M]. Beijing: Science Press, 2010.

- [13] 陈劲松,林 晖,邵 芸. 微波遥感农业应用研究——水稻生长 监测[M].北京:科学出版社,2010.
  Chen J S, Lin H, Shao Y. The Application Research of Microwave Remote Sensing in Agriculture - rice Growth Monitoring[M]. Beijing:Science Press,2010.
- [14] 郭华东. 雷达对地观测理论与应用[M]. 北京:科学出版社, 2000.

Guo H D. Theory and Application of Radar Earth Observation [M]. Beijing: Science Press, 2000.

- [15] 张 红,王 超,张 波,等. 高分辨率 SAR 图像目标识别[M]. 北京:科学出版社,2009.
   Zhang H, Wang C, Zhang B, et al. High Resolution SAR Image Target Recognition [M]. Beijing: Science Press, 2009.
- [16] Crisp D J. The state of the art in ship detection in synthetic aperture Radar imagery[R]. DSTO Information Sciences Laboratory Report, 2004.
- [17] Vachon P W, Thomas S J, Cranton J, et al. Validation of ship detection by the RadarSAT synthetic aperture Radar and the ocean monitoring workstation [J]. Canadian Journal of Remote Sensing, 2000,26(3):200-212.
- [18] Vachon P W, Thomas S J, CrantonJ, et al. Monitoring the coastal zone with the RadarSAT satellite[C]. UK: Oceanology International, 1998:10.

## Application of Chinese single polarization SAR data in automatic identification of manganese slag pools

XIONG Wencheng, XIAO Rulin, SHEN Wenming, FU Zhuo, SHI Yuanli

(Satellite Environment Application Center, Ministry of Environment Protection, Beijing 100094, China)

**Abstract**: To explore the role of Chinese single polarization SAR data in auto – recognition of manganese slag pools and improve recognition accuracy for manganese slag pools coupled with optical data, the authors chose confusing goals with manganese slag pools in the optical image, and analyzed qualitatively their scattering properties and the difference in SAR and optical images. Based on the results of analysis, the authors carried out the research on auto – identification of manganese slag pools. The optical image was segmented using object – oriented approach. The authors selected the typical manganese slag pools and confusing objects in optical image, and calculated the texture characteristics of the samples. The experiment results show that manganese slag pools recognition rules in the SAR image could be established effectively through SAR texture features, and this provides the basis for the realization of the combination of radar data with optical SAR data for automatic identification of manganese slag pools on computer. **Key words**; manganese slag pool; SAR data; object – oriented; texture

**第一作者简介:**熊文成(1981-),男,高级工程师,主要从事环境遥感、图像处理及雷达应用等方面的研究。Email: wencheng11@ sina. com。

(责任编辑:邢 宇)