

Radarsat 数据在新疆喀木斯特地区 铀矿勘查中的应用

武鼎^{1,2)}, 张杰林^{1,2)}, 郭帮杰^{1,2)}, 张川^{1,2)}

1) 核工业北京地质研究院, 北京, 100029;

2) 遥感信息与图像分析技术国家级重点实验室, 北京, 100029

SAR 中文名称为合成孔径雷达, 是用一个小天线作为单个辐射单元, 将此单元沿一条直线不断移动, 在不同位置上接收同一地物的回波信号并进行相关解调压缩处理的侧视雷达。它可以获取高分辨的地球表面图像, 是目前广泛使用的雷达系统。全极化 SAR 是传统 SAR 发展的一个重要分支, 也是 SAR 系统的未来发展方向。相比传统 SAR, 全极化 SAR 具有以下优点: 首先, 全极化 SAR 能够使我们获取目标的极化散射矩阵。极化散射矩阵包含了再给定观测条件下目标电磁散射特性的全部信息, 从而能够大大扩展雷达目标识别研究的信息来源; 其次, 全极化 SAR 可以得到任意极化状态下的目标散射回波; 第三, 全极化 SAR 对于存在有源干扰、环境杂波等因素的工作环境有更好的适应性。

1 极化雷达数据处理

传感器接收的全极化回波信号可以生成以复型数据为元素的 2×2 散射矩阵 (S)。S 目标分解是将 S 矩阵或者其二阶统计量提升为一组固定的简单矩阵的加权和形式。由于简单矩阵对应不同的简单几何体回波或者不同的物理回波过程, 对分解结果进行分析, 可以确定散射矩阵对应地物的几何和物理性质 (徐星欧等, 2010)。常用的分解方法有以下四种: Pauli 分解、特征值分解、Freeman-Durden 分解和 Yamaguchi 分解^①。

Pauli 分解因为形式简单且使用了具备明显物理意义的矩阵组为分解分量^②, 被广泛使用。其分解矩阵组来自于量子力学中的 Pauli 旋转矩阵, 由四个 2×2 的矩阵组成。因为该矩阵组具有正交性, 在噪声存在的情况下也适用。分解的三分量分别对

应于产生单次散射的简单几何体, 产生偶数次散射的简单几何体和产生的回波极化方式与入射波极化方式相垂直的夹角为 45°的二面角。

对于全极化雷达目标对电磁波的变极化效应可以用一个复二维矩阵的形式来表示, 即 2×2 的极化散射矩阵[S]:

$$[S] = \begin{bmatrix} S_{HH} & S_{HV} \\ S_{VH} & S_{VV} \end{bmatrix}$$

极化矩阵[S]相干分解的目的就是将散射矩阵[S]表示成与某种确定的散射机理相对应的基本目标的基矩阵之和。Pauli 极化相干分解采用 Pauli 基作为基本散射矩阵, 这样极化散射矩阵[S]可以表示成:

$$s = \frac{a}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} + \frac{b}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{bmatrix} + \frac{c}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{bmatrix} + \frac{d}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 0 & -i \\ i & 0 \end{bmatrix}$$

其中, a,b,c,d 均为复数且可以表示为:

$$a = \frac{S_{HH} + S_{VV}}{\sqrt{2}}, \quad b = \frac{S_{HH} - S_{VV}}{\sqrt{2}}$$

$$c = \frac{S_{HH} + S_{VH}}{\sqrt{2}}, \quad d = \frac{i(S_{VH} - S_{HV})}{\sqrt{2}}$$

当介质满足互易条件 $S_{VH} = S_{HV}$ 时, d=0, 这样散射矩阵[S]就可以写成矢量形式。

Pauli 分解后总的功率保持不变, 且 a,b,c,d 分别表示了散射矩阵在四个基上的权重且为复数, 而

注: 收稿日期: 2015-2-28 ; 改回日期: 2015-3-14; 责任编辑: 黄敏。

作者简介: 武鼎, 男, 1985 年生。硕士, 工程师, 遥感地质专业。Email: thisneowoo@gmail.com。

$|a|^2$, $|b|^2$, $|c|^2$, $|d|^2$ 则表征了四个分量的功率。

Pauli 基分解的第一项的物理意义为单次散射或奇次散射, 第二项表示与雷达-目标之间视线成 0° 的二面角散射, 第三项与多次散射有关。

2 雷达数据地质应用

利用全极化雷达数据的 Pauli 分解技术, 可以增强雷达图像上的地质要素信息, 进行地质分析应用。图 1 为新疆准噶尔盆地东部喀木斯特地区喀木斯特岩体及周围的 Radarsat2 全极化 Pauli 分解三通道假彩色合成图, 从图中可以看出浅灰红色、灰黑色、浅灰蓝色等不同色调, 提高了对岩体、湖泊、水系等地理要素的解译能力。



图 1 Pauli 分解三通道假彩色合成图

在干旱地区, 多数岩石易风化破碎而构成线状负地形, 在 SAR 影像上形成不同的色调。破碎带由于富水(贫水), 以及植被发育不同, 或破碎蚀变而有较高的介电常数值, 在 SAR 影像上产生深(浅)的色调异常线(廖静娟等, 2009)。图 2 是研究区高岭土蚀变发育地段 Radarsat2 的 Pauli 分解图像与光学图像的对比图。在 Pauli 分解图像上(图 2 上), 高岭土蚀变发育地段明显显示为白色不规则团块状(黄色线圈范围), 与周围灰绿黑色调区分明显, 呈正地形; 但在光学图像上(图 2 下)却无法分辨, 原因是蚀变地段与周围的河滩和其他地物均呈大片的白色色调, 区分度不明显。

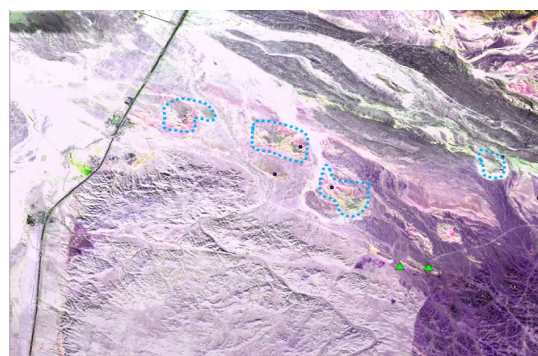
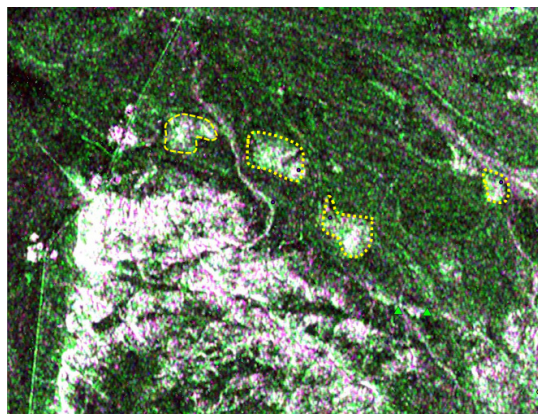


图 2 高岭土蚀变在雷达图像与光学影像上的效果对比

3 结论

本文采用 Pauli 分解对 Radarsat2 全极化数据进行了信息增强, 在新疆喀木斯特地区识别出了高岭土等与成矿有关的地质信息, 反映了全极化雷达遥感技术在地质上有较好的应用前景, 值得遥感地质学者不断地研究和挖掘雷达遥感在地质学中的应用潜力。

注 释 / Notes

- ① 丁维雷. 2013. 基于全极化雷达的目标识别方法研究. 导师: 付永庆, 哈尔滨工程大学, 1-76.
- ② 孙盛. 2013. 全极化合成孔径雷达图像处理方法研究. 导师: 田金文. 华中科技大学, 1-133.

参 考 文 献 / References

- 廖静娟, 王庆. 2009. 利用 Radarsat-2 极化雷达数据探测湿地地表特征与分类. 国土资源遥感, (3): P71~73.
- 徐星欧, 舒宁, 李磊. 2010. 全极化雷达数据目标分解方法应用研究. 测绘通报, (1): P17~20.