

雷达数据在地质构造识别中的初步研究*

姚佛军, 杨建民, 耿新霞

(中国地质科学院矿产资源研究所, 北京 100037)

我们自 2009 年开始, 先后购置了新疆东准噶尔地区、新疆东天山地区、以及西藏班公湖—怒江成矿带西段地区的 PALSAR 雷达数据, 利用 PALSAR 雷达数据进行构造信息识别的研究。通过信息增强等处理方法技术, 提取了构造的相关信息, 构造识别效果明显。

1 所使用数据简介

日本 ALOS (Advanced Land Observing Satellite) 卫星于 2006 年 1 月 24 日发射成功, 为太阳同步卫星, 平均航高 691.65 km, 轨道与赤道倾斜角为 98.16 度, 轨道周期为 46 天。PALSAR (Phased Array Type L-band Synthetic Aperture Radar) 为一 L 波段主动雷达影像系统, 可全天候获取影像, 不受天气、云层、昼夜影响, 能应用在土地覆盖分类, 环境监测等领域。PALSAR 提供三大拍摄方式, Fine 拍摄方法、ScanSAR 拍摄方式、Polarimetric 拍摄方法。Fine 拍摄方式又可分为高解析单极化 (HH 或 VV) 与双极化 (HH+HV 或 VV+VH) 方式, 其空间分辨率分别为 7~44 cm 与 14~88 cm, 幅宽为 40~70 km; ScanSAR 拍摄方式, 可提供大广域观测需求, 极化为 HH 或 VV, 其空间分辨率为 100 cm, 幅宽为 250~350 km, Polarimetric 拍摄方式属于实验性质, 可提供全极化资料, 5 种观测角度方式, 其空间分辨率为 24~89 cm, 幅宽为 20~65 公里 (JAXA, 2006)。

2 数据处理方式

购置的数据为地理信息编码的数据, 采用影像地球椭球地理编码方法进行校正 (陈尔学, 李增元, 2008), 该方法根据 POLSAR 的影像中心像元行号 (i_c)、中心像元时间 (t_c)、脉冲重复频率 (PRF)、卫星轨道状态矢量个数 N 、轨道矢量间的固定时间间隔 d_i 和每个轨道状态矢量的具体取值来计算任意行对 i 对应的卫星位置矢量和速度矢量。

第 i 行成像时间公式: $t_i = (t_c \cdot i_c / \text{PRF}) + i / \text{PRF}$

N 个轨道矢量用数组 $x_s[k]$ 、 $y_s[k]$ 、 $z_s[k]$ 和 $x_v[k]$ 、 $y_v[k]$ 、 $z_v[k]$, 其中 $k=1, 2, \dots, N$ 表示, 对应的第 k 个轨道矢量时间 $t_s[k]$ 可以有 t_{s1} 和 d_i 计算: $t_s[k] = t_{s1} + d_i \cdot k$

$k=1, 2, 3, \dots, N-1, d_i=60s, t_{s1}$ 为第一个轨道矢量时间。

根据 $t_s[k]$ 与 $x_s[k]$, 可以通过多项式插值法迭代 (陈尔学, 2004) 计算出对应的 x_s , 同理利用上述方法也可以得到 t_i 对应的 y_s, z_s, x_v, y_v, z_v , 可求出第 i 行的卫星轨道状态矢量。由卫星轨道状态矢量推算地理信息。

我们接受到辐射物体总功率: $W = \iint_{\Omega} \int_f b(\theta, \phi, f) A_e(\theta, \phi, f) df d\Omega$

其中 Ω 为辐射体立体角, f 为噪声带宽, $A_e(\theta, \phi, f)$ 为辐射体有效面积, $b(\theta, \phi, f)$ 为辐射体亮度, 式中可以看出噪声对接受的信号的影响, 噪声与雷达发射无关, 可能是极化的或无极化的, 可能有着较窄或较宽的带宽 (Mott, 1992), 对于地球来说, 噪声是地球雷达的一个巨大障碍。因此噪声抑制是一个非常重要的环节。对于雷达图像常用的噪声抑制方式为通过变化将乘性噪声模型转化为加性噪声模型进行空域或进行频域滤波, 例如滤波器:

$$\tilde{R} = \bar{I}(t) + (I(t) - \bar{I}(t))W(t)$$

式中: $\bar{I}(t)$ 为 $I(t)$ 的均值, $W(t)$ 为权函数 (Lee, 1980)。

信息增强方式有很多, 无损拉伸、正交变换、最小噪声抑制等方式。

*本文得到国家科技支撑计划重点项目 (编号: 2006BAB07B00-7-2)、地质调查工作项目 (编号: 1212010818018)、国土资源部成矿作用与资源评价重点实验室的资助

第一作者简介 姚佛军, 男, 1980 生, 助理研究员, 博士研究生, 从事矿物学和遥感技术地学应用研究。

3 构造信息识别原理与应用

所使用 L 波的 PALSAR 数据实际波长为 23.5 cm，可以绕过小于 23.5 cm 的物体，因此，利用雷达可以穿透云层，植被，也能够穿透一定厚度的第四纪或松散沉积物，因此能够揭露地下一定深度的信息，特别适用于潜覆盖区构造的识别，在断层区域，因此断层的错动，雷达信息显示弱于周围信息的线性信息，我们在东天山、东准噶尔、西藏阿里等多地区进行了试验研究，都证明了雷达对应构造识别的重要性。

(1) 在新疆东准噶尔地区，和尔赛斑岩铜矿的构造信息在雷达数据提取的遥感构造信息中可以很清晰地被表达；

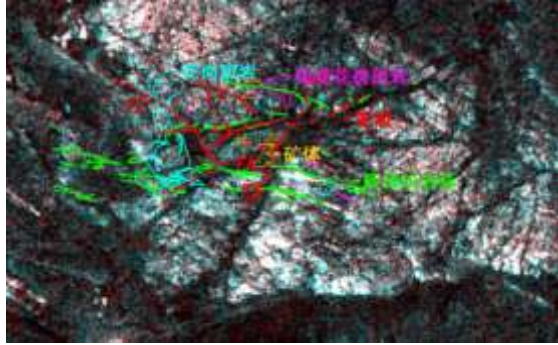


图1 雷达解译新疆和尔赛斑岩铜矿构造多于 1:1 万填图（红色为 1:1 万填图构造）

(2) 在新疆东天山地区，阿奇克库都克大断裂、舌状岩体中的基性超基性岩浆岩的构造信息在雷达数据提取的遥感构造信息中可以很清晰地被表达；阿奇克库都克大断裂附近的拖曳构造、帚状构造等被表达地非常精细；

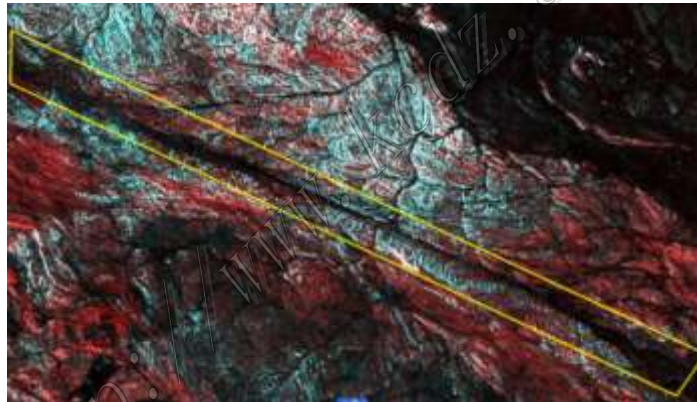


图2 图中黄色线框中的黑色线性体为阿奇克库都克大断裂

(3) 在西藏多龙矿集区，在地表浅覆盖情况下，根据雷达数据提取的遥感构造信息可以较准确地揭示构造信息。

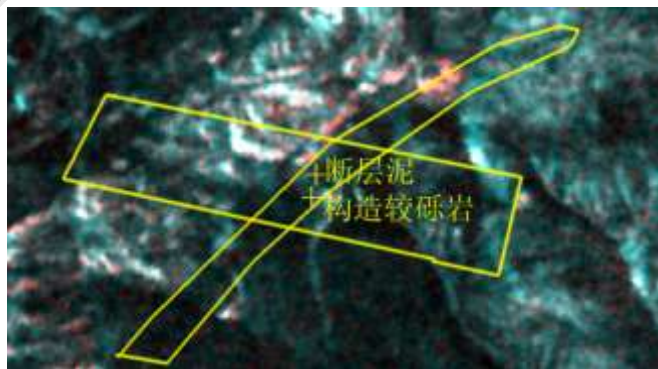


图3 那若金矿断层显示及实地查证