

TM 与 SAR 图像融合处理及 在高原区调中的应用

李天华¹, 廖崇高¹, 杨武年², 徐 凌², 濮国梁²

(1. 成都军区 空军勘察设计院, 四川 成都 610041; 2. 成都理工大学 遥感与 GIS 研究所, 四川 成都 610059)

摘 要: 文章引入具有全天候和一定穿透能力等特点的 SAR 图像, 利用融合技术进行了 TM 和 SAR 图像之间的融合, 以提高地势恶劣、空气稀薄、灌木林覆盖严重的高原地区遥感图像的判译能力, 降低地质工作人员的劳动强度, 取得了较理想的结果。

关键词: 遥感; 影像融合; 区域地质调查; 模拟雷达图像

中图分类号: TP751; P623.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-1412(2003)04-0265-04

光学传感器已经广泛应用于地球资源勘测。在长期使用的过程中, 很多光学传感器所造成的局限得到了认识。例如: 光学图像受天气的影响比较大, 最典型的是云层对图像质量的影响。通常, 光学和红外遥感所使用的波长都较短, 遇到云层中粒子颗粒较大时, 部分电磁波被反射或散射, 造成到达传感器的波速很弱, 在遥感图像上的表现就是该地区云层覆盖, 从而无法利用遥感手段进行勘测; 另外, 光学图像对时相也比较敏感, 特别是对于可见光来说, 夜间接收的图像效果远远不如白天接收的效果。

微波遥感由于微波波段的波长通常较大, 所以不受天气和时间的限制, 能够全天候、全时相地工作, 可在光学遥感器不能工作的环境和气候条件下工作, 穿云破雾, 观测云雾覆盖下的地形或现象; 穿透一定深度的松散覆盖层, 了解其下的地质构造特征。因此, SAR 作为一种主动式的微波遥感, 正日益受到世界范围内遥感领域的高度重视。

墨脱地区大部分为森林覆盖, 裸露岩石较少。常用的 TM 和 SPOT 图像较难提取岩性和地层情况。因此, 尝试利用穿透性较强的雷达图像对工作区进行分析, 并通过和 TM 数据的融合来探讨利用多源数据提取更多的地质信息的可行性。

1 TM 图像与 SAR 图像融合处理

遥感影像数据融合是一种通过高级影像处理技

术来复合多源遥感影像数据的技术, 其目的是将单一传感器的多波段信息或不同类传感器所提供的信息加以综合, 消除多传感器信息之间可能存在的冗余和矛盾, 加以互补, 降低其不确定性, 减少模糊度, 以增强影像中信息透明度, 改善解译精度、可靠性以及使用率, 以形成对目标完整一致的信息描述^[2-8]。不同类型遥感影像之间的融合处理必须具备 4 个条件, 即: ①融合影像数据应包括不同空间和光谱分辨率; ②融合影像数据应是同一区域; ③影像应精确配准; ④在不同时间获取的影像中, 其内容没有大的变化^[3]。遥感图像融合方法可归结为三层面的融合方法, 即基于像元级的融合方法(如 IHS 彩色空间变换、小波变换等)、基于特征级的融合方法和基于决策级的融合方法^[4-8]。根据区域地质调查的需要, 本次对 TM 图像与 SAR 图像融合处理采用基于像元级的 IHS 彩色空间变换的融合处理方法。

1.1 TM 图像与 SAR 图像预处理

1.1.1 TM 图像预处理

根据 TM 图像各波段的影像特征及实验区的独特地质环境, 参考各波段之间相关性最小、方差最大的 RGB 波段组合原则, 本次选取了 TM 741 图像作为遥感解译的基础图件。由于原始的卫星地面站接收遥感图像仅进行了系统误差的校正, 而没有进行几何畸变和投影差的纠正, 这种图像很难在实际科研和工作中利用。因此, 笔者通过选取地面控制点(GCP)进行正射校正的方法对原始 TM 图像进行了

几何畸变和投影差的改正。控制点数据的点位精度达到一个像元以内的精度,满足实验区图像解译和各种信息源复合的需要。根据项目研究需要,对 TM 图像还进行了无缝镶嵌、反差扩展与调整、彩色增强和矩阵变换等增强处理。

1.1.2 SAR 图像预处理

微波遥感由于微波波段的波长通常较长,所以不受天气和时间的限制,能够全天候、全时相地工作,可在光学传感器不能工作的环境和气候条件下工作,穿云破雾,观测云雾覆盖下的地形或现象;穿透一定深度的松散覆盖层,了解其下的地质构造特征。

由于 SAR 图像为斜距成像,影像上记录了地面目标物到传感器的相对距离(斜距),并以相同的时间间隔对回波信号进行采样,其结果是一个斜距图像。如果地形有起伏,就会导致图像失真。实验区属于多山地区,因地形高差较大,斜距成像将产生严重的几何变形,这些几何畸变在使用多项式几何校正时,难以达到精确校正的目的。为此,笔者利用已有的数字高程模型(DEM)和同一地区 SAR 图像的各种系统参数,用最小二乘法建立 SAR 卫星影像原始的模拟 SAR 图像,然后在模拟图像和原始的 SAR 图像之间选取一定数量的控制点,利用常规的多项式纠正方法对 SAR 图像进行了正射校正^[9-14]。

示,设 R 为目标到航迹线的水平距离, D 为地形高差引起的偏移量, L 为目标物在图像上的距离向位置, S 为雷达传感器高度, H 为地物目标的相对高程, θ 为雷达波的视角(图 1)。根据成像距离可以确定地物在雷达图像上距离向的位置。在平坦地区, L 值随 R 值增大而增大。 R 值一定时, L 值随 H 的增大而减小,即相对高差越大,偏移量越大,平坦地区 θ 角随 R 值增大而增大;在山区相对高差较大时, θ 值可能会随 R 的增大而减小,此时即产生阴影。图 2 为实验区部分模拟雷达图像。

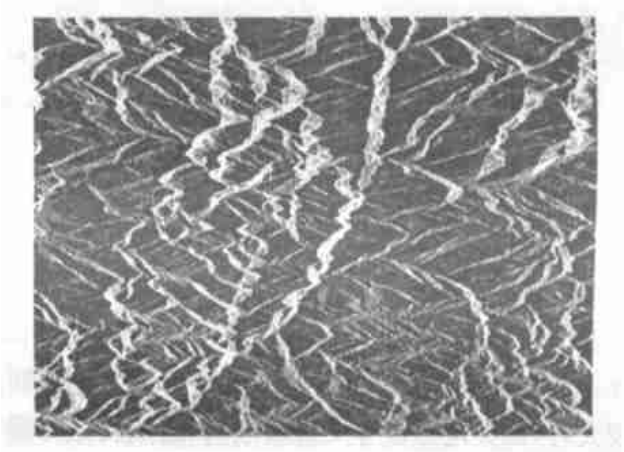


图 2 模拟雷达图像(实验区局部)

Fig. 2 Simulation SAR image of local research area

1.2 SAR 图像与 TM 图像的融合处理

SAR 具有全天候、全天时的工作能力,并且雷达波对地物又有一定的穿透力。基于这些特点,结合 TM 影像的光谱信息丰富的长处,对 SAR 与 TM 影像进行了基于 IHS 彩色空间变换的融合处理方法。首先对 TM 图像进行 RGB 空间到 IHS 空间变换,然后,利用与 TM 图像精确匹配的 SAR 图像替代 IHS 变换后的 I 分量,并与 H 和 S 分量反变换到 RGB 空间(即 RGB→IHS→RGB 变换)。这种方法能在基本保持原彩色图像波谱特征的同时,融入高分辨率几何信息,是一种效果明显而且实用性很强的遥感图像融合方法。图 3 为 SAR 图像与 TM 图像基于 IHS 彩色空间变换的融合结果。通过该融合方法获得的图像既具有 SAR 图像的高空间分辨率特点,又拥有 TM 图像高光谱分辨率的优势。这正是满足中小比例尺的区域地质调查所需的遥感图像,为遥感地质解译及数字正射影像制图等提供了空间信息和波谱信息都比较丰富的遥感图像。

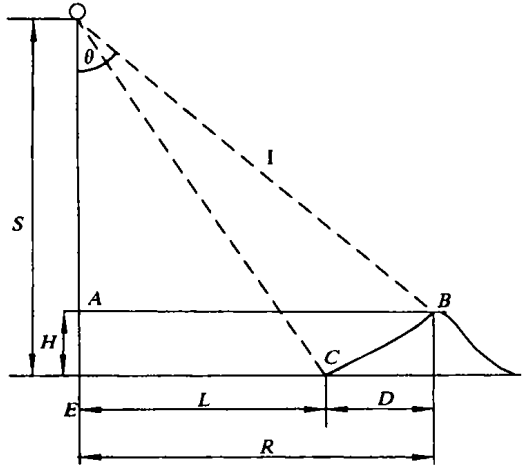


图 1 模拟雷达示意图

Fig. 1 The sketch map of RADAR simulation

模拟雷达图像的几何特征影像,实际上就是模拟地面各点到传感器的相对距离,其原理如图 1 所

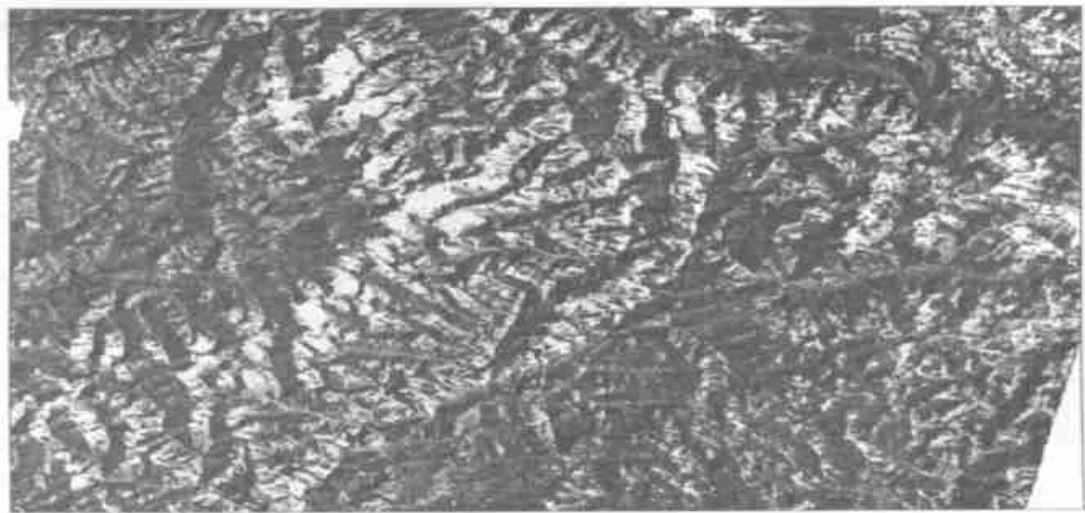


图 3 SAR 图像与 TM 卫星影像的融合图像
Fig. 3 The fusion image of SAR image and TM image

2 融合图像在高原区调中的应用

通过对 SAR 与 TM 的融合图像进行认真分析,结合实验区区域地质资料,采用以目视解译为主的人机交互式解译,完成了实验区的区域地质构造解译。实验区主要由大型的穹隆构造和 NW 向深大断裂构造及其派生的次级构造形成了实验区总体构造格局。

2.1 线性构造空间分布格局

本区不同级别、不同规模、不同方向的线性构造十分发育,构成十分复杂而又有规律的构造格局图。通过 TM 图像和融合图像遥感信息特征的对比分析可以看出,两幅遥感图像均十分明显地显示出该区的区域构造格局,即弧形断裂带控制的穹隆构造和 NW 向区域性断裂带,及由它们伴生的 NE 向、NW 向和 EW 向的次级断裂形成的实验区环状、格网状构造特征。该弧形断裂带的东侧断裂破碎带的宽度较大,结构疏松,约有 10 km 左右,并有向南北两侧萎缩的趋势,直至出图;其西侧的断裂破碎带出露宽度相对较窄,一般在 5 km 左右,结构紧凑。在图幅内该弧形断裂带形如囊状,开口向南,由囊颈部位向南北两端逐渐扩大。在囊状构造内部发育紧闭褶皱及次生的 NE 向、NW 向及 EW 向的主要断裂,同时发育规模不大的次级线性构造和遥感大节理,并严格受弧形断裂带的控制。弧形断裂带控制了测区大部分花岗岩体产出的形态特征。弧形外部线性构造主

要分布在图区的东部,以 NW 向区域性断裂为主,辅以少量的 NE 向次级断裂,构成很稀疏的网格构造格局。其中北部的岩浆岩出露范围严格受 NW 向断裂的控制,并呈 NW 向条带状分布。

2.2 环形构造空间分布格局

以弧形断裂带控制的超大型构造穹隆是本区出露的最大环形构造,在其内部还伴随有规模较小的次生环形构造,形成了子母套环的环形影像特征;在该环形构造的东面出露有 3 个显示花岗岩侵位机制的环形影像体,与围岩呈侵入接触关系;在图幅的西北角有 1 个环形构造体,其内部发育放射状遥感大节理,是由于花岗岩的侵入作用形成的。

3 结论

- (1) 经过融合后的图像既具有雷达图像的高空间分辨率特点,又拥有 TM 图像高光谱分辨率的优势。从视觉效果的角度进行评价分析,融合影像上 SAR 影像的阴影区细节得到了反映,而 TM 影像上不清楚的地物也在融合影像上得以补充。
- (2) 由于实验区植被、灌木林发育,加之实验区多处地方积雪严重,仅用 TM 影像很难进行遥感图像地质解译,通过利用 SAR 图像和 TM 图像的融合,提高了遥感图像的基岩识别能力和解译精度。
- (3) 西藏墨脱幅遥感解译的应用结果表明,利用 SAR 图像和 TM 图像融合后的影像解译,能满足中小比例尺的区域地质调查所需的遥感图像,降低了

在地势恶劣、空气稀薄、灌木林覆盖严重的高原地区工作的劳动强度, 并取得了较理想的结果。

参考文献:

[1] 罗晓燕. “3S”结合在地质领域中的应用[J]. 铁路航测, 1997, (1): 19-23.

[2] 李军, 周月琴. 小波变换用于高分辨率全色影像与多光谱影像的融合研究[J]. 遥感学报, 1999, 3(2): 116-121.

[3] 李军, 周月琴. 影像局部直方图匹配滤波技术用于遥感影像数据融合[J]. 测绘学报, 1999, 28(3): 226-232.

[4] Manijunath Li H, Multisensor B S. Image Fusion Using the Wavelet Transforms[J]. Graphical Models and Image Processing, 1995, 57(3): 235-245.

[5] Solberg S, Jain A K, Taxt T. Multisource Classification of Remotely Sensed Data: Fusion of Landsat TM and SAR Images[J]. IEEE Transaction on Geoscience and Remote Sensing, 1994, 32(4): 768-777.

[6] 胡江华, 柏连发, 张保民. 像素级多传感器图象融合技术[J]. 南京理工大学学报, 1996, 20(5): 454-456.

[7] 贾永红, 李德仁, 孙家柄. 多源遥感影像数据融合[J]. 遥感技术与应用, 2001, 15(1): 41-44.

[8] 蓝国新, 艾克武. 信息融合技术[J]. 计算机世界, 1997, (5): 107-107.

[9] 舒宁. 微波遥感原理[M]. 武汉: 武汉测绘科技大学出版社, 2000. 107-123.

[10] 贾永红, 李德仁, 孙家柄. 等. 四种 HIS 变换用于 SAR 与 TM 影像融合的比较[J]. 遥感学报, 1998, 2(2): 103-106.

[11] 陈彩芬, 舒宁. SAR 影像与 TM 影像的几种融合处理方法[J]. 国土资源遥感. 1999, (4): 53-57.

[12] 廖崇高, 杨武年, 濮国梁, 等. 不同融合方法在区域地质调查中的应用[J]. 成都理工大学学报, 2003, 30(2): 1-5.

[13] 杨武年, 廖崇高, 濮国梁, 等. 数字区调新技术新方法——遥感图像地质解译三维可视化及影像动态分析[J]. 地质通报, 2003, 22(1): 61-64.

[14] 胡召玲, 郭达志, 盛业华. 利用小波变化抑制星载 SAR 图像的斑点噪声[J]. 中国矿业大学学报(自然科学版), 2001, 30(3): 229-232。

FUSION OF TM AND SAR IMAGES AND THE APPLICATION TO GEOLOGICAL SURVEY

LI Tian-hua¹, LIAO Chong-gao¹, YANG Wu-nian², XU Ling², PU Guo-liang²

(1. Prospect and Design Institute of Chengdu Military Command Air Force, Chengdu 610041, China;

2. Institute of RS &GIS, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, China)

Abstract: Modernization of regional geological survey is speeding up. Application of remote sensing images directly determines the surveying precision and period. Though TM images are of high resolution the application to high relief of landscape, thin air and heavily vegetated areas is limited by its spectral feature. Thus all-time SAR images with some penetration are introduced to the survey. Its fusion with TM image are tested to raise interpretation capacity and resulted in reduction of geological working and ideal effects.

Key words: remote sensing; image fusion; regional geological survey; simulating SAR image