

# 多源遥感影像数据融合方法在地学中的应用

韩玲<sup>1,2</sup>, 吴汉宁<sup>1</sup>, 杜子涛<sup>2</sup>

(1. 西北大学 地质学系, 陕西 西安 710069; 2. 长安大学 地质工程与测绘工程学院, 陕西 西安 710054)

[摘要] 应用遥感影像数据融合理论, 研究了光学遥感、热红外遥感、微波遥感卫星在地质学中的应用, 论述了不同类型的遥感数据及其他地学数据在不同层次上的同一传感器多波段数据融合、不同 SAR 图像数据融合、HIS 变换、遥感影像与地球物理、地质和航磁等数据的融合。结果表明, 数据融合技术在突出地质特征信息方面具有能突出线性构造、断裂构造、地形地貌的优势。

[关键词] 多源遥感影像数据; 数据融合; 雷达遥感; 特征提取

[中图分类号] P237 [文献标识码] A [文章编号] 1672-6561(2005)03-0078-04

[作者简介] 韩玲(1964-), 女, 辽宁沈阳人, 长安大学副教授, 西北大学博士研究生, 从事摄影测量与遥感教学与研究。

随着遥感技术的发展, 由各种卫星传感器对地观测获取同一地区的多源遥感影像数据越来越多, 为对地观测提供了多分辨率、多波段、多时相的多种遥感影像数据, 广泛应用于测绘与地图更新、土地利用与城市规划、农业与森林资源调查、地质与洪涝灾害检测和军事等领域。与单源遥感影像数据相比, 多源遥感影像数据所提供的信息具有冗余性、互补性和合作性, 多源遥感影像数据的冗余性表示它们对环境或目标的表示、描述或解译结果相同, 冗余信息的应用, 可降低误差和不确定性, 提高识别率和精确度; 互补性是指信息来自不同的自由度且相互独立, 互补信息的应用, 能提高最终结果的可信度; 合作信息是不同传感器在观测和处理信息时对其他信息有依赖关系, 合作信息的应用, 可提高协调性能。因此, 把多源影像数据各自的优势结合起来加以利用, 获得对环境或对象正确的解释是非常重要的<sup>[1]</sup>。

在遥感中, 遥感影像数据融合属于一种属性融合, 它将覆盖同一地区的多源遥感影像数据加以合成, 产生比单一信源更精确、安全、可靠的估计和判断。它有利于抑制或减少单一信源对被感知对象或环境解译中可能存在的确定性、不完全性或误差,

最大限度地利用各种数据所包括的信息作出决策。

## 1 常用遥感资料及其特点

目前可用在地学中的遥感数据种类很多, 按波段不同, 遥感可分为光学遥感、热红外遥感和微波遥感; 按接收信号的方式, 遥感又可分为主动遥感和被动遥感。在选取遥感资料解决地质问题时, 应考虑传感器的空间分辨率、光谱分辨率和时间分辨率, 即根据所研究对象的尺度大小、内容和动态性等, 选取合适的遥感资料来解决应用中的问题。

### 1.1 光学遥感

光学遥感所接收的电磁波辐射源是地物对太阳光的反射和散射, 其波长主要分布在可见光、近红外区域。目前使用较多的光学遥感卫星有: 美国发射的 LANDSAT 的 TM 数据分 7 个波段, 其中 6 个波段波长范围为 0.45~2.35  $\mu\text{m}$ , 空间分辨率为 30 m, 时间分辨率为 16 d, 其中 TM 5 对线性构造反映清晰, 一个热红外波长范围为 10.4~12.5  $\mu\text{m}$ , 空间分辨率为 120 m, 在揭示第四纪覆盖区的隐伏断裂及活动性构造方面具有一定优势, 可用于地热制图、地质制图等。法国的 SPOT 卫星的 HRV 数据分 3 个波段, 空间分辨率为 20 m。另外, 还有一个全色的 HRV 数据, 空间分辨率为 10 m, SPOT 卫星的时间分辨率为 26 d, 邻近的轨道上可以获得地面的立体

[收稿日期] 2004 12 07

[基金项目] 国家 973 科技攻关项目(2003CB214600); 陕西省自然科学基金项目(2004D01)

像对,进行立体测量提取地表DEM,同时还可获得多时相图像,监测地表的动态变化。

### 1.2 热红外遥感

热红外遥感所接收的电磁波辐射源为地物的温度特性,波长范围 $8\sim 14\ \mu\text{m}$ 。目前使用较多的是美国的气象卫星NOAA,其所载的AVHRR甚高分辨率扫描辐射计有5个波段,星下点分辨率为 $1\ 100\ \text{m}$ ,重复周期为9d,主要用于监测大气运动、红外云图、气候变化等方面。另外其所探测的长波辐射量可用于监测和预报地震。

### 1.3 微波遥感

微波遥感发射较长波长电磁波信号,然后接收回波信号,接收信号不但记录振幅强度而且记录相位。其波长范围 $0.001\sim 1\ \text{m}$ 。目前在雷达遥感中,采用合成孔径雷达SAR。SAR具有不依赖太阳光照及气候条件的全天候、全天时地对地观测能力,并对云雾、小雨、植被及干燥地物有一定穿透性。通过调节最佳观测视角,其成像立体效应可有效地探测目标地物的空间形态,增强地形地貌信息。合成孔径雷达图像能提供十分丰富的地质构造、岩性、隐伏地质体等地质矿产信息,尤其在火山、大断裂等地质构造探测以及构造带控制下的金属矿床探测等方面有独特的优势。随着新型成像雷达遥感技术(极化雷达、干涉雷达)的出现以及在地学应用的深入,雷达获取的信息越来越多,雷达遥感可以进行地壳形变、地震孕育、板块运动以及地面沉降的测量和研究。

目前的SAR资料有欧空局的ERS-1,C波段,VV极化,分辨率为 $30\ \text{m}$ ,周期为35d,图像对规模较大的线性构造有显示;日本的JERS-1,L波段,HH极化,分辨率为 $18\ \text{m}$ ,对线性构造敏感;加拿大的RADARSAT,C波段,HH极化,最优分辨率为 $10\ \text{m}$ ,重复周期为24d,其多模态和多分辨率对地覆盖,为地学领域提供了丰富地各类精度的资料;美国航天飞机上的SAR-A,SAR-B,SAR-C获取的图像,对地观测范围为南北纬 $57^\circ$ ,相邻图像之间有 $60\%\sim 80\%$ 的重叠度,可获取地表的立体数据,地质应用中使用SAR-C/X图像,其分辨率为 $25\ \text{m}$ ,具有L,C,X3个波段,其中L,C波段具有HH,HV,VH,VV全极化方式,X波段具有VV极化方式,是目前最先进的航天雷达成像系统。

## 2 多源数据的融合方法

数据融合不仅包括多传感器、多时相和多波段

的遥感图像,而且还包括各类其他空间数据资料<sup>[2]</sup>。

### 2.1 同一传感器多波段数据融合

利用多波段图像之间的差异进行特征提取,可获得较多的信息量。常用的方法有:灰度四则运算、假彩色合成、HIS变换等,利用这些方法可以简单地减少异物同谱现象,如在波长 $0.63\ \mu\text{m}$ 下,绿泥岩和褐铁矿的反射系数相同,但在 $0.5\ \mu\text{m}$ 下,其反射系数的差别却很大,可针对不同的遥感资料,根据岩石反射能力的不同,选取不同的波段,对岩石进行分类。由于地物的复杂性和多样性,只选一个波段是不够的,在进行地质现象的解释时,常选几个波段进行比较,TM各个波段之间的相关性如表1。

表1 TM遥感影像波段之间的相关性

Table 1 Correlation of different TM remote sensing image bands

波段	TM1	TM2	TM3	TM4	TM5	TM6	TM7
TM1	1.0	0.9	0.8	0.0	0.5	0.0	0.3
TM2	0.9	1.0	0.9	0.5	0.2	0.0	0.1
TM3	0.8	0.9	1.0	0.0	0.1	0.5	0.2
TM4	0.0	0.5	0.0	1.0	0.2	0.0	0.1
TM5	0.5	0.2	0.1	0.2	1.0	0.0	0.9
TM6	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	1.0	0.0
TM7	0.3	0.1	0.2	0.1	0.9	0.0	1.0

相关性越大,表示冗余信息越多,相关性越小,表示冗余信息越少。

假彩色合成是指精确配准的3个波段的灰度图像,按三原色成像原理,分别赋予不同的颜色,构成新的彩色图像,提高对图像的识别能力,可以反映出地物不同侧面的特征。TM4(R),TM5(G),TM3(B)的合成图像,可突出水体、城市、山区、线性特征等。

### 2.2 不同SAR图像的结合

把SAR图像纹理与地形数据复合,可提高雷达图像纹理分析的层次和图像分类的精度<sup>[3]</sup>。地质水系的沟谷是地质时期内外力长期联合作用的结果,尽管经纹理分析所得到的水系沟谷的形态和平面展布与新构造运动关系密切,但对其起决定作用的仍是其载体及其所经历的构造变动。

### 2.3 HIS变换

用H表示色度,S表示饱和度,I表示亮度,它们分别对应3个波段的平均辐射强度,3个波段的数据向量和的方向及3个波段等量数据的大小。RGB颜色空间与HIS色度空间有精确地转换关系,如TM和SAR,变换方式是把TM图像的3个波段合成的

RGB 假彩色变换到 HIS 色度空间,用 SAR 图像代替其中的 I 值(或 S 值, H 值)再变换到 RGB 颜色空间,形成新的影像。光学图像在岩性分析、植被变化等光谱特征上有优势, SAR 对地形起伏、地表粗糙度反映敏感,把这 2 种图像信息进行融合,可充分表示空间特征,新融合的影像不仅具有 SAR 对地质体的几何特征,而且保留了 TM 数据的光谱特征,在突出地质构造方面具有优势。

以 SAR 图像作 I 分量, TM5, TM3, TM1 为 H, S 分量, 获得新的图像, 可以提高线性构造、纹理反映能力; 以 SAR 图像和 TM5, TM3, TM1 的综合信息为 I 分量, 以 TM5, TM3, TM1 为 H, S 分量获得新图像, 可提高对岩性、环型构造的识别能力。

### 3 遥感影像与地球物理、地质、航磁等数据的融合

在遥感应用中加入地球物理、地质、航磁等空间数据, 与这些信息融合, 增强识别的约束条件, 使解译结果更准确, 可从不同侧面描述构造线性体空间几何形态, 从地表地质现象分布延伸到内部组成, 来揭示和区域构造格架有关的地壳构造信息<sup>[4]</sup>。但多数空间数据结构是基于矢量的, 而遥感数据完全是栅格结构, 目前两者的结合是建立在数据结构的转换上, 一是基于矢量数据结构的融合, 即把从遥感影像中提取的专题图转换成矢量, 再与空间数据库联合分析, 二是基于栅格数据结构的融合, 即把空间数据库相应图层转换成图像, 经配准再与遥感影像一起参与分类<sup>[5]</sup>。通过遥感图像上构造地貌单元及其展布提取区域构造信息与航磁、重力地球物理资料的融合, 可对造山带主干断层构造的空间结构及其深部地质特征进行解释, 并可针对不同构造地质体, 进行多层次、多目标、多尺度的分层综合解译, 提高对岩石、断裂、皱褶、隐伏地质体的解译能力<sup>[6]</sup>。

## 4 实例分析

工作区位于鄂尔多斯盆地的东北部, 跨内蒙古自治区伊克昭盟和陕西省榆林市。主要工作目的: 利用航放、航磁的解释成果, 结合遥感多片种、多波段图像处理方法获取的信息, 进行航测遥感多源信息的综合分析, 充分认识该地区的地质特征, 为区域找铀矿提供基础资料。

### 4.1 工作区基本情况

鄂尔多斯盆地是在鄂尔多斯块体古生代海相沉积地层之上发育起来的中生代陆相沉积盆地。基底包括太古界结晶基底、元古代和古生代沉积地层, 盖层为中新世沉积地层, 测区地层产状较为平缓, 只在东部强烈冲蚀区见较多盖层出露, 在中西部地区地层则多为单调的白垩系和第四系。盆地内断裂构造不发育, 主要以升降运动为主, 未见岩浆活动和变质作用。延安组和直罗组是测区内找矿的主要目的层: 侏罗系分布较广, 发育一套杂色含煤砂页岩、油页岩建造, 为河流相、湖沼相沉积。延安组主要岩性长石石英砂岩、粉砂岩、粉砂质泥岩及中粗粒砂岩夹多层煤层, 砂岩中富含铁质结核。直罗组下部为具深切谷的辫状河道沉积, 发育多种交错层理, 砂岩中多含有机质及煤线, 露头上多为黄色氧化, 局部见红色氧化残留, 上部为灰色、灰黄色泥质砂岩及泥岩。直罗组下部为河流相沉积, 矿化特征明显, 自身富铀, 埋深较浅, 泥-砂-泥结构明显, 富含有机质<sup>[7]</sup>。

### 4.2 地形地貌特征

工作区北部为地形起伏较大的山区, 影像图上色调、影纹复杂, 其南部为平缓河套平原, 大部分地区以片状的较为均匀绿色调为主。西南部为沙漠区, 影纹特征呈麻点状或北西向的“刷”状, 为风成沙区。中部为波状高原, 以浅蓝至蓝灰色调为主, 影纹呈树枝状、“丰”字状。南部为黄土高原, 以浅蓝、浅绿色调为主, 树枝状水系发育<sup>[8]</sup>。

### 4.3 地质构造影像特征

(1) 侏罗系地层主要分布在沟壑、冲沟上部, 呈现浅紫、淡蓝色调, 密集“树枝”状、“丰”字状影纹影像特征。白垩系地层主要分布在东胜西南及河套断陷南部, 呈蓝绿色调、稀疏“树枝”状影纹的影像特征。

(2) 工作区北部断裂构造影像特征明显, 发育近东西向、北东向断裂。解译一级构造断裂 5 条, 二级构造 6 条。

(3) 新构造运动对该区有较大的影响, 区内新构造运动是继承喜山运动以来的振荡性升降运动。全新世新构造运动表现为较强烈上升, 使区内各河流形成了 I ~ II 级阶地, 河谷、沟壑向源侵蚀不断进行。

### 4.4 补、径、排影像特征

工作区大部地区为径流区, 色调较单一、分布有一定规律, 呈现丰字状、树枝状影纹特征。排泄区为围绕着鄂尔多斯高原的黄河。补给区、径流区内又存在有局部排泄区, 在伊金霍洛旗一新街以

西、红碱淖以北地区呈现较深的色调影像特征。

### 4.5 滨湖三角洲相带遥感特征

在东胜—神木—榆林一线, 乌兰木伦河西侧, 呈现一条向东凸起的弧形特征影像带, 该影像带为断续出现影纹清晰地浅蓝至深蓝色斑块、斑点状。推测为中侏罗世晚期发育的滨湖三角洲相带<sup>[9]</sup>。

通过多源遥感影像数据的信息融合, 可以提供

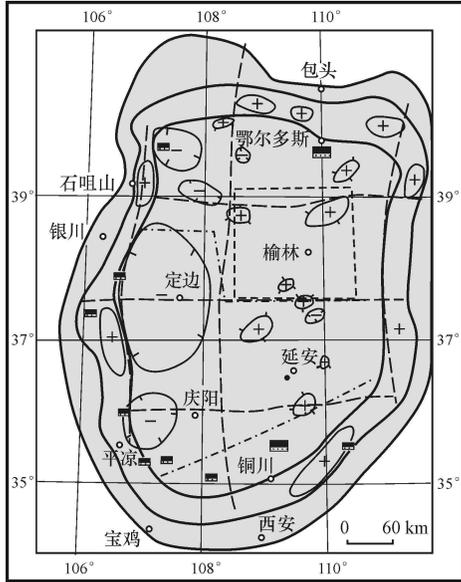


图1 鄂尔多斯地区矿产分布

Fig. 1 Mineral distribution of Ordos region

重力-内环为重力偏高平缓异常区; 中环为重力高异常区; 外环为重力低异常区; 磁场-内环为变化的北东-东西向磁异常区; 中环为正磁异常区; 外环为负磁异常区; 遥感-内环为鄂尔多斯地块本部, 中环为盆地边缘隆起带, 外环为盆地周缘断陷带; 1- 环形构造线; 2- 重力高/低; 3- 结晶基底凸起; 4- 结晶基底凹陷; 5- 推测的断裂构造; 6- 砂岩型铀矿、矿化点; 7- 气田; 8- 油田

研究区的基础资料, 突出研究区的地质特征, 为地质找矿提供依据。图1为重力、航磁、遥感多源数据表示的鄂尔多斯地区矿产分布图。

## 5 结语

随着现代空间技术的发展, 人类获得的遥感影像数据越来越多, 通过不同类型遥感影像数据的融合以及各种遥感影像与多种地质信息的融合, 可以获得研究对象及其所处环境更精细更丰富的信息。将多源遥感影像数据融合方法用于地学中, 在地质构造解译、地质找矿、矿种分析、地形地貌形象表示等方面具有突出的优势。

### [ 参考文献 ]

[ 1 ] 谭衢霖, 邵芸, 范湘涛. 雷达遥感的地质应用及其进展[ J ]. 遥感技术与应用, 2002, 17(5): 269~275.

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

[ 3 ] 何国金, 李克鲁. 星载合成孔径雷达及多卫星遥感数据融合方法[ J ]. 地质科技情报, 1997, 16(增刊): 29~33.

[ 4 ] 李建华. 利用卫星图像研究华北平原北西向隐伏活动断裂[ J ]. 国土资源遥感, 1996, (1): 29~35.

[ 5 ] 苏航. 谈遥感像片用于地质解释及地质制图方法[ J ]. 西部探矿工程, 2002, (增刊): 514~515.

[ 6 ] 方红亮, 黄询. 地学应用中的遥感图像处理若干问题分析[ J ]. 地理研究, 1997, 16(2): 96~100.

[ 7 ] 钱锋, 艾永峰. 鄂尔多斯南部地区早古生代主动大陆边缘演化特征[ J ]. 西安工程学院学报, 2002, 24(1): 18~21.

[ 8 ] 王锋, 刘池洋, 赵红格. 鄂尔多斯盆地西部南北向拆离滑覆构造[ J ]. 地球科学与环境学报, 2004, 26(1): 7~20.

[ 9 ] 陈正宜, 魏成阶, 林恒章, 等. 工程环境遥感应用[ M ]. 北京: 煤炭工业出版社, 1996.

# Application of multi homed remote sensing image data fusion method in geology

HAN Ling<sup>1,2</sup>, WU Han ning<sup>1</sup>, DU Zi tao<sup>2</sup>

(1. Department of Geology, Northwest University, Xi an 710069, China; 2. School of Geological Engineering and Surveying Engineering, Chang an University, Xi an 710054, China)

**Abstract** With remote sensing imagery data merging theory, the application of optical remote sensing thermal infrared remote sensing and microwave remote sensing satellite imagery in geology is studied. The multi spectral data merging techniques such as the fusion of the different types of remotely sensed data with other geo data at the same remote sensor in different levels, the data merging of diverse SAR imagery data HIS conversion, data merging of remotely sensed imagery with geophysical, geological, air borne electromagnetic data and so on, are analyzed. The results show that data merging technique has predominance to stand out linear structure, fault structure and landform characteristics in the aspect to extract geologic feature information.

**Key words** multi homed remotely sensed imagery; data merging; radar remote sensing; feature extraction

[ 英文审定: 马智民 ]