

技术方法

## ETM+遥感影像构造解译在找矿预测中的应用

——以安徽钟姑山地区为例

李敏<sup>1</sup>, 吴虹<sup>1</sup>, 洪东良<sup>2</sup>, 李宗仁<sup>1</sup>, 秦润君<sup>1</sup>, 郝敏<sup>1</sup>

(1. 桂林理工大学遥感应用研究所, 广西 桂林 541004; 2. 安徽 808 地质队, 安徽 马鞍山 243000)

**摘要:**安徽钟姑山地区位于扬子准地台下扬子台坳带宁芜火山岩盆地南段, 属长江中下游铁矿成矿带, 多以隐伏矿床为主。以陆地卫星遥感影像为基础通过遥感构造解译发现了一批新的隐伏断裂构造。通过遥感蚀变信息和地磁异常信息的叠置分析, 共圈定 A 级预测区 4 个, B 级预测区 2 个, C 级预测区 1 个, 为当前钟姑山铁矿资源勘查提供了有价值的新的依据。

**关键词:** ETM+影像; 构造解译; 找矿预测; 安徽钟姑山

**中图分类号:** P628.2

**文献标识码:** B

利用遥感影像能宏观上揭示构造控制的成矿有利部位, 如作为热液通道的各级断裂构造及其交会部位、构造容矿机构及伴随的矿化、蚀变带地物波谱异常区、环形构造的边缘矿化区等信息的特点, 采用遥感技术对该地区构造信息进行提取。在 V. Dube 开展的“Image processing for data integration in mineral exploration”研究中<sup>[1]</sup>, 综合分析了与地质成矿有关的信息, 最终确认出找矿的有利地段; 李勇等在“安徽省蚌埠市城隍庙铁矿地质特征及找矿标志”研究中, 在蚌埠地区区域成矿地质背景、区域地球物理特征的基础上, 结合遥感信息, 阐述了安徽省蚌埠市城隍庙沉积变质铁矿的地质特征以及找矿标志<sup>[2]</sup>; 李继宏等在“内蒙古东乌旗草原覆盖区遥感构造信息提取”研究中, 针对草原覆盖区利用遥感影像有效提取构造信息<sup>[3]</sup>; 金文强等在“遥感构造解译在秘鲁北部 Chiclayo 地区成矿预测中的应用”研究中, 采用遥感构造解译方法对其区域进行成矿预测并圈定 4 个成矿预测区<sup>[4]</sup>, 等等。这些遥感研究与实践成果为研究区提供了重要参考。

## 1 研究区背景

安徽钟姑山地区位于宁芜南段的长江下游南岸的当涂县境内的南部, 研究区包括姑孰、太白、石桥

和年陡等行政乡镇, 面积约 224.3 km<sup>2</sup>。大地构造位于扬子准地台下扬子台坳带宁芜火山岩盆地南段, 在盆地边缘, 复式褶皱发育; 钟姑铁矿田内断裂构造发育, 在产生褶皱构造的地应力作用下, 产生了 NNE(纵向)、NWW(横向) 2 组主要断裂构造。地层由老到新有火山基底地层三叠纪中统周冲村组白云质灰岩夹膏盐层, 厚度 > 300 m; 黄马青组砂页岩, 厚度 > 850 m; 侏罗纪象山群砂页岩, 厚度 800 m 左右。它们均为假整合和微角度不整合接触。

## 2 遥感数据源与预处理

研究采用美国陆地资源卫星 Landsat-7 ETM+(2001年11月6日, 轨道行列号 120-38) 数据。利用 Landsat-7 ETM+ 数据的 30m 分辨率的多光谱影像和 pan 波段 15 m 分辨率的数据, 采集 Landsat-7 ETM+ 遥感数据的灰度值, 并在研究中选用 Gram-Schmidt 变换方法对 Landsat-7 ETM+ 数据进行融合<sup>[5]</sup>。最终基于 ENVI 4.5 平台进行融合实验, 实现了将 ETM+ 的 30 m 分辨率的多波段与 15 m 分辨率的 PAN 波段融合, 得到了 15 m 分辨率的多光谱遥感影像数据(图 1)。

## 3 遥感构造信息提取

\* 收稿日期: 2012-07-08; 修订日期: 2012-10-23; 编辑: 曹丽丽

作者简介: 李敏(1987—), 女, 青海西宁人, 硕士, 主要研究方向为定量遥感; E-mail: 499125713@qq.com。

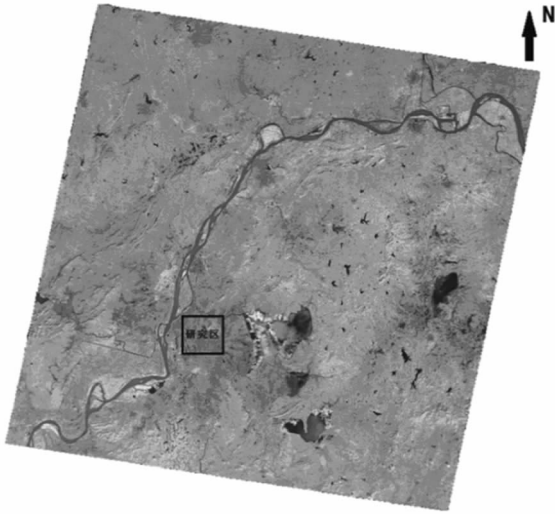


图 1 ETM7,ETM4,ETM3 波段与 Pan 波段 Gram - Schmidt 变换融合图

### 3.1 目视解译法

根据利用目视解译遥感图像中的各种地物目标的不同特征信息,识别目标或现象的目的<sup>[6]</sup>。根据研究区的地质图空间数据、矿点信息、遥感影像图等相关资料,对可解译区域进行了构造信息的目视解译(图 2)。



图 2 研究区构造目视解译图

### 3.2 数字图像增强解译法

研究区第四纪松散沉积层较厚,植被发育,岩体出露少,隐伏断裂发育较强。隐伏断裂的遥感图像处理中,需要使用图像增强的处理方法,如密度分割、纹理分析、比值增强、定向和非定向滤波等<sup>[7]</sup>,是

隐伏断裂遥感分析的关键。结合该区地质地貌背景和解译研究对象,采用文理分析和定向滤波对图像进行增强处理,并反复试验以达到最理想的增强效果。

#### 3.2.1 纹理分析

纹理信息反映灰度在空间上的变化,它是纹理基元按照某种确定性的规律或者某种统计规律排列组成的。在断裂构造提取中,高频信息主要反映的是边缘及线条特征。选用方差概率统计的滤波来增强影像的边缘信息,使影像地物边缘特征更直观,地貌纹理差异更明显,且有效的提取到 3 条线性构造信息(图 3)。



图 3 纹理分析构造解译图

#### 3.2.2 定向滤波

定向滤波就是选择某种滤波矩阵对图像进行卷积运算,更好地突出某个方向的线性构造体。在上述研究中,区内 NE 向和 NW 向是断裂构造发育且延伸较好,是重点的找矿方向,故对遥感影像进行了 SN 向、EW 向、NE 向和 NW 向的卷积滤波处理,在定向滤波完成后,采用线性拉伸方法,将影像调到最佳可视效果,在此基础上提取线性构造 21 条(图 4)。

#### 3.2.3 密度分割

研究针对 ETM+ 数据,其热红外波段为第 6 波段,分为低增益和高增益波段。通过实验研究对比,低增益波段经密度分割后显示效果要强于高增益波段,故选用低增益波段进行密度分割提取环形构造 1 个,线性构造 3 条(图 5)。

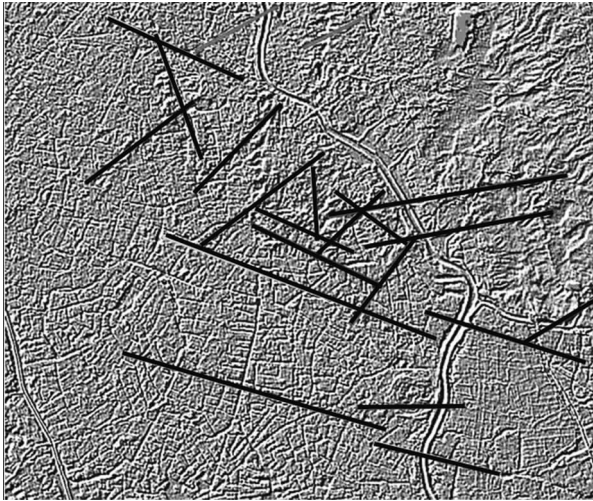


图 4 滤波增强构造解译图

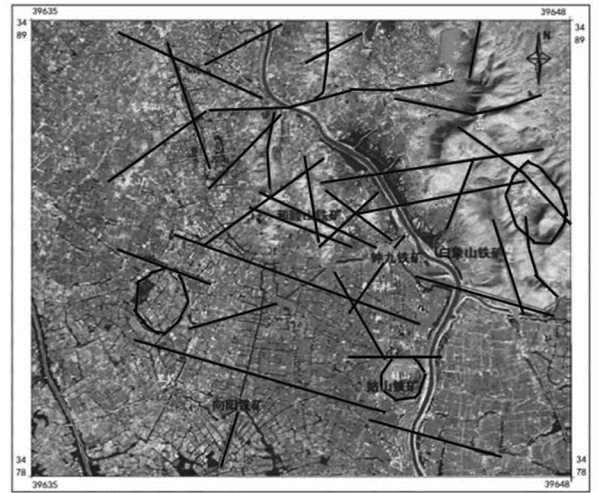


图 6 遥感构造解译结果图

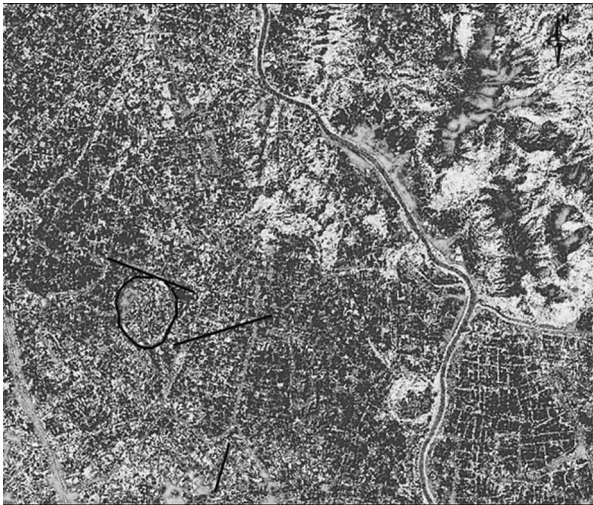


图 5 ETM6 热红外低增益波段密度分割构造解译图

### 3.3 遥感构造解译结果

对于岩体出露区,目视解译可直接解译出相应的构造信息。而无岩体出露、第四系覆盖地区,应用纹理分析、定量滤波和密度分割 3 种图像增强方法对隐伏构造信息进行提取。经与研究区地质资料对比,该次遥感解译发现了一批新的隐伏断裂构造,即 NE 向的 F9, F10, F13, F18, F24 和 NW 向的 F25, F20, F21(图 6)。

## 4 遥感综合研究找矿预测

### 4.1 遥感异常信息提取

遥感异常信息提取的对象为铁染和羟基异常,

提取方法采用张玉君等的“主成分分析-去干扰-门限化”方法<sup>[8]</sup>。与宁芜盆地其他矿床相比,钟姑山地区的蚀变类型较简单,均属于成矿晚期或成矿后的蚀变,主要是由磁铁矿以充填、胶结隐蔽爆角砾岩的方式大规模沉淀后发生的。研究区矿体上、下盘的辉石闪长岩均遭受硅化、高岭石化(或泥化),尤以上盘为主,白色的硅化高岭石化辉石闪长岩说明下面可能有矿体。但是普遍强烈多期的硅化、高岭石化甚至碳酸盐化致使本为磁铁矿石的铁矿床不断发生假象赤铁矿化,而假象赤铁矿化的程度又与上述蚀变强度有关,但并不全是找矿标志。因此有必要结合物探数据对研究区蚀变信息进行筛选,寻找有利的矿区预测<sup>[9-13]</sup>。

### 4.2 地磁异常信息提取

由于研究区内的铁矿床以磁铁矿为主要矿石类型,因而矿床普遍具有较强的磁异常反映。故采用磁法勘探能有效寻找到隐伏铁矿床。利用地质图和地磁图进行叠加分析,研究区地磁异常高值均对应有铁矿点,且范围为 1 000~4 000 nT。而磁异常与整个研究区地质构造相吻合,异常形态大体也表现出 NE 向和 NW 向分布特征<sup>[14-16]</sup>。

### 4.3 找矿有利区圈定

经过综合分析,确定研究区成矿预测的要素为地质成矿背景、遥感构造信息、地磁异常信息和遥感铁染蚀变信息。将上述信息进行综合信息叠置分析,重叠信息要素越多,成矿的可能性越大,把预测的成矿靶区在综合信息成矿预测图件中表现出来,

成矿预测区圈定的条件和原则主要有:①同时拥有位于遥感解译构造交会处、地磁异常高值区、遥感铁染异常和黄马青、周冲村组地层或两地层接触带的位置特点区域,定义为 A 级找矿预测区。②同时拥有 4 种成矿预测要素中的 3 个要素的区域,定义为 B 级找矿预测区。③拥有 4 种成矿要素中的 2 个要素的区域,定义为 C 级找矿预测区。最终圈定 A 级预测区 4 个, B 级预测区 2 个, C 级预测区 1 个(图 7)。

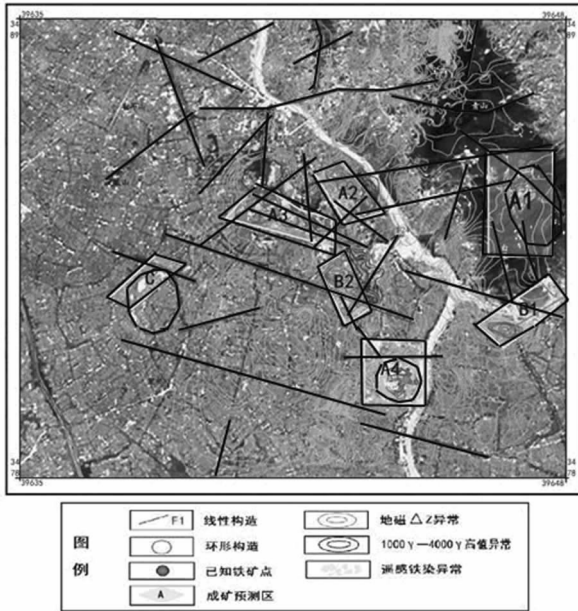


图 7 研究区成矿预测图

## 5 结论

(1)以地质资料为基础,结合 ETM+遥感数据解译的线、环性构造,揭示了控制该区成矿或者容矿的构造格局体系,同时遥感铁染蚀变异常信息和地磁异常信息将铁矿成矿的有利地段直观的表达出来,为该区综合信息成矿预测奠定了良好的基础,也是最终确立的 7 个预测区的直接信息源。

(2)研究区岩体出露面积少,第四系覆盖较厚,在进行遥感构造解译时采用了目视解译法和数字图像增强解译法相结合的方法。经与研究区地质资料对比,发现了一批新的隐伏断裂构造,从而填补了该区构造地质的不足。

(3)地质资料、遥感构造信息、遥感蚀变信息、地磁异常信息的叠置分析,显示出了遥感异常和地磁异常的分布状况,直观形象地展示出了已知矿床(点)与构造、遥感异常和地磁异常间的对应关系。

由此关系为依据确定找矿预测区,为当前钟姑山铁矿资源勘查提供了有价值的新的依据。

## 参考文献:

- [1] Dr. Stan Aronoff. Image processing for data integration in mineral exploration. V. Dube at the International Geological Instruments Exhibiton, 1984, (8): 1-10.
- [2] 李勇,赵亮,查名章.安徽省蚌埠市城隍庙铁矿地质特征及找矿标志[J].安徽地质,2011,21(2):150-154.
- [3] 李继宏,张万昌.内蒙古东乌旗草原覆盖区遥感构造信息提取[J].地质找矿论丛,2005,20(2):137-141.
- [4] 金文强,高光明,肖娟.遥感构造解译在秘鲁北部 Chiclayo 地区成矿预测中的应用[J].地质找矿论丛,2010,25(4):362-365.
- [5] 刘晓龙.多源遥感图像信息保持型融合技术的研究[J].中国图象图形学报,2001,6(7):636-641.
- [6] 朱述龙,张占睦.遥感图像获取与分析[M].北京:科学出版社,2000.
- [7] 卫亚星,王莉雯.遥感图像增强方法分析[J].测绘与空间地理信息,2006,29(2):4-7.
- [8] 张玉君,杨建民,陈薇. ETM+ (TM) 蚀变遥感异常提取方法研究与应用——地质依据和波谱前提[J].国土资源遥感,2002,(4):33-39,85.
- [9] 张满郎.金矿蚀变信息提取中的主成份分析[J].遥感技术与应用,1996,11(3):1-6.
- [10] 高景刚.哈密镜尔泉地区蚀变遥感异常信息提取及地质解释[D].西安:长安大学,2004.
- [11] 王祖洪,韩先菊,刘荫椿,等.利用 ETM+ 数据进行金矿蚀变信息提取方法探讨[J].黄金地质,1996,2(3):46-51.
- [12] 刘天佑.地球物理勘探概论[M].北京:地质出版社,2007.
- [13] 魏邦顺,黄建平,金永念,等.磁测资料在宁芜地区(江苏部分)矿产资源潜力评价中的应用[J].地质学报,2011,35(1):64-72.
- [14] 娄德波,宋国玺,李楠,等.磁法在我国矿产预测中的应用[J].地球物理学进展,2008,23(1):249-256.
- [15] 吴虹.关于磁参数统计的讨论[J].地质与勘探,1975,(8):54-57.
- [16] 余建华,陈文革,杨海英,等.地面磁测在西天山查岗诺尔一备战一带铁矿勘查中的应用[J].西部探矿工程,2010,(8):150-152.
- [17] 秦润君,吴虹,许浩,等.基于 ETM+ 遥感数据的闽南地区断裂活动性评价探讨[J].山东国土资源,2012,28(5):21-24.

# Application of Remote Sensing ETM + Image in Structures Interpretation and Predication of Ore Prospecting ——Setting Zhonggushan in Anhui Province as an Example

LI Min<sup>1</sup>, WU Hong<sup>1</sup>, HONG Dongliang<sup>2</sup>, LI Zongren<sup>1</sup>, QIN Runjun<sup>1</sup>, HAO Min<sup>1</sup>

(1. Remote Sensing Institute of Guilin University of Technology, Guangxi Guilin 541004, China; 2. No. 808 Geology Team in Anhui Province, Anhui Ma'anshan 243000, China)

**Abstract:** Zhonggushan area in Anhui province locates in south section of Ningwu volcanic basin of Yangtze depression in the Yangzi platform. It belongs to iron-forming belt of the lower reach of Changjiang river, and is mainly composed of hidden deposit. On the basis of satellite remote sensing image, through remote sensing interpretation of structures, some new hidden faults have been found. At last, through remote sensing altered information and folding analysis of geomagnetic anomaly information, four predication areas with the level of A, two predication areas with the level of B, and one predication area with the level of C have been circled. It will provide valuable and new basis for iron ore resources exploration in Zhonggushan area.

**Key words:** ETM+ image; interpretation of structures; exploration predication; Zhonggushan area in Anhui province