

# 融合化探信息的遥感异常提取

蒋立军<sup>1</sup>, 邢立新<sup>2</sup>, 梁一鸿<sup>1</sup>, 潘军<sup>2</sup>, 梁立恒<sup>2</sup>, 黄竞铨<sup>2</sup>

1. 吉林大学地球科学学院, 长春 130061

2. 吉林大学地球探测科学与技术学院, 长春 130026

**摘要:** 遥感信息与化探信息为地表地质体或地质现象物理特性和化学特性的表现, 矿物特征光谱是对矿物化学组分的响应, 二者存在密切的关联。2种信息融合既要达到空间位置的精确对应, 又要根据物质成因的相关性, 实现2种数据间数据层、决策(符号)层等不同层次的数据耦合, 提高异常信息提取的准确度。通过对遥感与化探信息形成机理及特点的分析可知, 二者在空间和成因上具有一定的相关性。采用反距离加权插值法, 将化探散点数据转化为栅格数据结构并进行空间尺度的转换和配准, 选择和研究区异常相关的4种元素(Au、As、Sb、Bi)与原始遥感数据进行融合, 对融合后数据采用主成分分析的方法对内蒙古苏尼特左旗地区进行蚀变信息提取, 较单独利用遥感数据提取结果剔除了无意义的异常信息点, 异常区域更为具体。经野外检查, 验证多处地表岩石蚀变的存在, 证实了该方法的有效性。

**关键词:** 空间尺度转换; 加权融合; 主成分分析; 蚀变信息提取

中图分类号: P407.8

文献标志码: A

文章编号: 1671-5888(2011)03-0932-05

## Anomalies Information Extraction from Geochemical Data and Remote Sensing Fusion

JIANG Li-jun<sup>1</sup>, XING Li-xin<sup>2</sup>, LIANG Yi-hong<sup>1</sup>, PAN Jun<sup>2</sup>, LIANG Li-heng<sup>2</sup>, HUANG Jing-cheng<sup>2</sup>

1. College of Earth Sciences, Jilin University, Changchun 130061, China

2. College of GeoExploration Science and Technology, Jilin University, Changchun 130026, China

**Abstract:** The mineral characteristic spectrum is in response to the mineral geochemical information, and they are closely linked with each other. These two kinds of information are to achieve precise correspondence on spatial position, and to achieve the coupling relationship on the different levels of both data according to the correlation of the two in genesis, for instance, data layer and decision-making (sign) level, and to improve the accuracy of extracting anomaly information. By analyzing the remote sensing and geochemical information characteristics and formation mechanisms we can know that both in space and on the causes they have a certain relevance. Use the inverse distance to a power, changed geochemical data into raster data structure and did spatial scale of the conversion and registration, selected four elements(Au、As、Sb、Bi) which related to the anomaly of the study area to weight fusion with remote sensing data, used the method of principal component analysis to process data, and then extracted the alteration information of Sonid Zuoqi area, Inner Mongolia, compared to using remote sensing data alone this method removed false anomaly points and get a more specific abnormal area.

收稿日期: 2011-10-09

基金项目: 中国地质调查局项目(1212010761502)

作者简介: 蒋立军(1984-), 男, 山东聊城人, 博士研究生, 主要从事遥感数字图像处理、遥感信息处理、综合信息矿产预测方面研究, E-mail: jianglijun\_2002@163.com

通信作者: 邢立新(1954-), 女, 吉林伊通人, 教授, 博士生导师, 主要从事遥感与地理信息系统科研与教学工作, E-mail: xinglx@jlu.edu.cn.

Through outdoor work, the field survey suggested that lots of surface rock alteration existed, proved the validity of the method.

**Key words:** spatial scale conversion; weighted fusion; principal component analysis; extraction of alteration information

## 0 引言

遥感从不同方面反映地物目标的成分、结构、构造等信息;但因受成像时光照和大气条件、地面植被覆盖度、数据分辨率等因素的影响,对蚀变异常信息的提取仅可达到定性和半定量的程度,无法完全识别所提取出的信息是否有意义。化探信息通过不同元素及其组合反映地表系统元素的运移及其富集规律。受复杂地质条件的影响,其所提取出的异常信息会忽略一些重要的低异常区或因某些因素影响而夸大一些异常区域,导致提取结果存在一定的局限性和多解性。二者融合处理既要达到两者空间位置上的套合关系,又要根据两者在成因上的相关性,实现2种数据间数据层、决策(符号)层等不同层次的数据耦合<sup>[1-5]</sup>,从而提高异常信息提取的准确度,为地质找矿提供更为可靠的信息<sup>[6-7]</sup>。早期遥感和化探信息之间的融合是图像之间的叠加,即空间位置等方面的套合<sup>[8-11]</sup>。吴德文等<sup>[3]</sup>以东天山地区作为试验区进行了遥感与化探数据融合处理的技术方法研究及试验应用,提出了多元数据间存在套合和耦合2种空间关系;Towinn等<sup>[12]</sup>提出了多元数据在融合中的重要作用,总结出多元数据融合的算法(贝叶斯原理等);Rokos等<sup>[6]</sup>利用遥感数据的TM图像、SPOT-PAN图像和DEM识别有地质意义的线性构造,然后利用线性构造信息与化探异常信息融合对爱琴海盆地Quaternary岛弧中的低温热液型金矿进行研究。Petrovic等<sup>[13]</sup>以Lisbon Valley地区为例,将ASTER数据、雷达数据与地球化学数据融合成功地识别出由碳氢化合物引起的岩石蚀变。遥感和化探信息为地表地质体或地质现象物理特性和化学特性的表现,化学组分或矿物的特征光谱曲线是遥感对地球化学信息的物理响应,二者在机理上存在一定的相关性。本文通过对研究区蚀变信息的分析,选取化探信息中与其相关性最大的Au、As、Sb、Bi 4种元素和原始遥感信息融合进行蚀变信息提取,使仅利用遥感信息提取蚀变时存在的伪异常信息得以过滤。

## 1 研究区概况与数据源

研究区内蒙古苏尼特左旗位于内蒙古锡林郭勒盟西北部,为干草原向荒漠草原的过渡地带,属植被浅覆盖地区。该区经历了元古宙至新生代不同性质的构造事件。构造和岩浆活动强烈、持久,对内生金属矿床的形成十分有利。区内蚀变类型主要包括硅化、铁化和泥化,铁化蚀变包括褐铁矿化、黄铁矿化、方铅矿化、黄铜矿化,泥化蚀变包括绢云母化、绿泥石化、高岭土化、碳酸盐化。区内金矿主要为中温热液型金矿和浅成低温热液型金矿2种<sup>[14]</sup>。泥化蚀变主要表现为成矿期的矿化,与本区矿床密切相关。

本文所用的遥感数据源为陆地资源卫星Landsat7的ETM+数据,数据时相为1999年9月24日;化探数据源为研究区1:20万土壤地球化学数据,包括Ag、Au、As、Bi、Sb等39种元素的数据,采样点为1616个。

## 2 关联因子可视化表达

地球化学数据的获取是以一个(或几个)地球化学样品的数据(或均值)作为一定网格大小(采样单元)面积的代表,多个采样单元即完成对区域的面积覆盖;因此,可采用栅格数据结构对其进行描述并进行可视化表达。化探信息与遥感信息在空间尺度上相差较大,二者进行融合处理需解决其空间尺度的匹配问题。本文将化探信息进行空间转化,使其与遥感信息空间尺度相一致,使其可达到像素级融合的精度。

二维稀疏矩阵的插值方法较多,主要有反距离加权插值法<sup>[15]</sup>、克里金插值法<sup>[16]</sup>、最小曲率法、线性插值三角网法、最近邻点插值法、自然邻点插值法等。依据化探信息特点,采用反距离加权插值法对化探取样点进行插值运算,获取化探图像。其数学表达式为

$$Z_p = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{Z_i}{d_i^2}}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{d_i^2}}$$

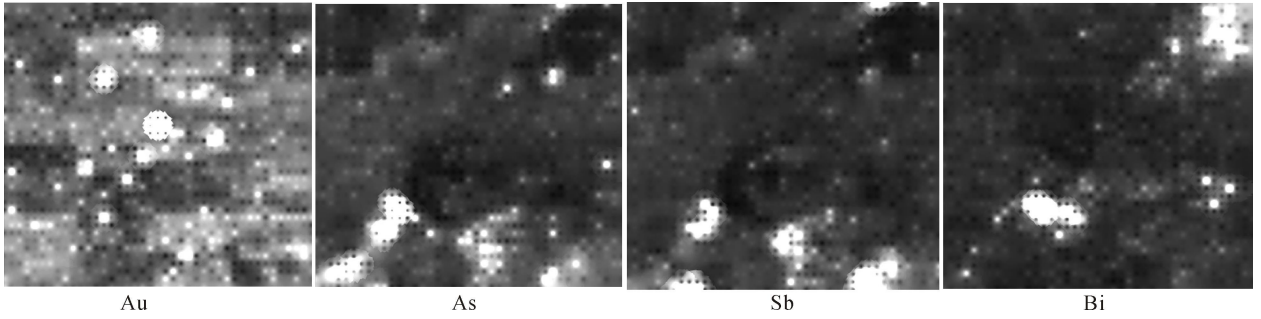


图 1 4种元素可视化图

Fig 1 Visualization map of four elements

其中:  $Z_p$  为空间待插点  $p$  的属性值;  $d_i$  为待插点与其邻域内第  $i$  个点之间的距离<sup>[17]</sup>。

本文选取与研究区异常相关的 Au、As、Sb、Bi 4 种元素为主要因子,对研究区 1 616 个化探采样点的 4 种元素进行反距离加权插值运算,经空间校正后得到 4 种元素栅格数据结构的可视化图像(图 1)。

### 3 图像重建

羟基的吸收谱带主要为 1.4  $\mu\text{m}$ 、2.2~2.3  $\mu\text{m}$  和 2.3~2.4  $\mu\text{m}$ ,在对应 TM5 波段有相对高值;但由于成像条件及地物的复杂性等多方面因素影响使其值被弱化,对提取结果产生影响。Au、As、Sb、Bi 4 种元素与研究区蚀变异常信息相关性较高,其所圈定异常区域表现为高值。将其融入遥感原始数据中对 TM5 波段进行图像重建,使被弱化的异常信息值得以增强,在后期处理中异常特征更为明显,提高了蚀变异常信息提取的精确度。其数学表达式为

$$Y(i, j) = a[p_1X_1(i, j) + p_2X_2(i, j)] + b.$$

式中:  $X_1(i, j)$  和  $X_2(i, j)$  为 2 幅原始图像;  $p_1, p_2$  为 2 幅图像的权值;  $a$  为图像比例参数;  $b$  为给定常数;  $Y(i, j)$  为结果图像。

将经校正后的化探采样数据 Au、As、Sb、Bi 4 种元素的栅格数据与遥感图像 TM5 波段基于像素级加权融合,可得到新的重建图像 TM5'。图像重建前后的直方图对比如图 2,可以看出,经过融合处理后的图像数据值和对比度得以增强。

### 4 蚀变信息提取

#### 4.1 遥感异常信息提取

依据泥化信息在遥感数据不同波段上的反射率特征,经过对研究区遥感数据的分析和预处理,采用相关系数矩阵法对 TM1、TM4、TM5、TM7 波段组

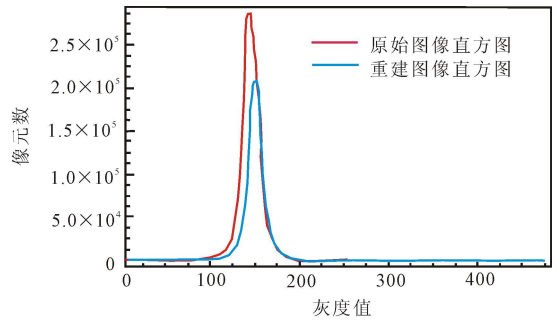


图 2 图像直方图

Fig 2 The image histogram

合进行主成分分析,得到全区泥化异常信息分布图(图 3),可见泥化异常信息在研究区无序存在,即很难区分出具有实际地质意义的异常信息。为消除或减少非地质意义的信息干扰,采用遥感异常分区标准化方法<sup>[18]</sup>,以及融合化探数据方法来实现。

#### 4.2 融合化探信息的异常信息提取

将遥感和化探信息融合后的重建图像 TM5' 与原始遥感数据构建一个新的多波段文件。利用协方差矩阵对 TM1、4、5'、7 进行主成分分析,得到研究区内主成分分析特征向量(表 1)。

表 1 主成分分析特征向量

Table 1 Eigenvector of the principal component analytic

主成分	TM1	TM 4	TM5'	TM7
PC1	0 348 834	0 453 743	0 613 461	0 544 149
PC2	0 663 567	0 485 077	- 0 315 529	- 0 474 153
PC3	0 642 595	- 0 661 380	- 0 179 961	0 342 437
PC4	0 158 323	- 0 348 418	0 701 228	- 0 601 513

从表 1 可以看出:在第四主成分中, TM5' 和 TM7 的贡献系数最大,即 PC4 的信息主要来源于 5

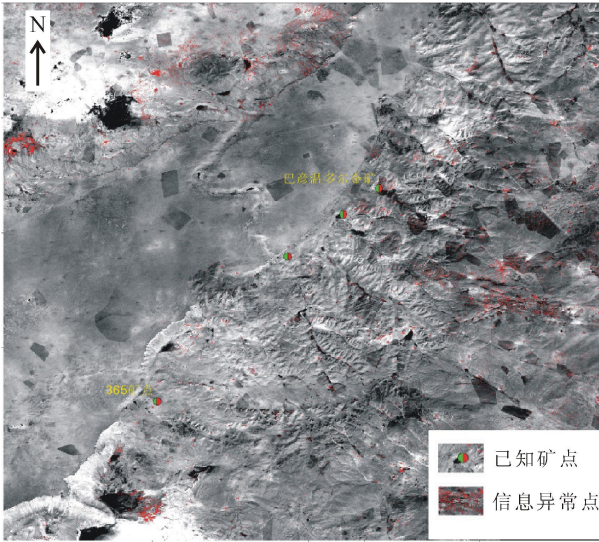


图3 研究区泥化信息提取图

Fig 3 The clay-alteration information image

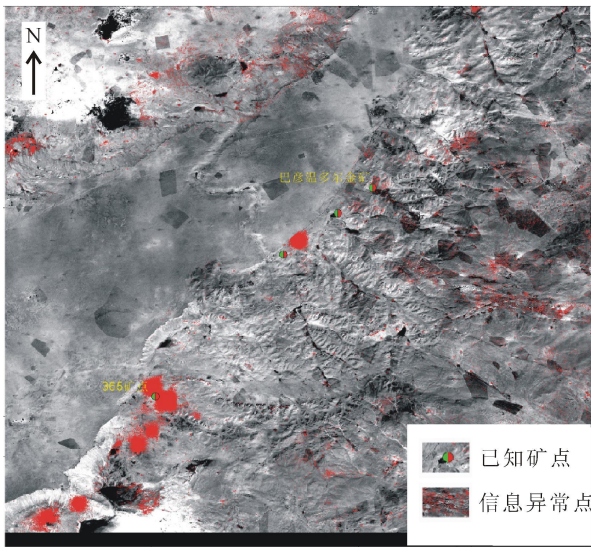


图4 研究区蚀变信息提取图

Fig 4 The alteration information image

和7波段,且 $TM_5$ 和 $TM_7$ 系数符号相反,正好反映了羟基离子在5波段有较高反射,在7波段有较高吸收的特点;因此,可把PC4作为泥化信息的指示分量。利用 $\bar{X} + k\sigma$ 对第四主成分进行最优密度分割,得到研究区蚀变信息提取图(图4)。从图4可见,将遥感数据与地球化学数据融合后提取的蚀变异常信息主要分布于温都尔庙群上组(主要为绢云母石英片岩、石英岩)、华力西晚期和加里东晚期岩体(主要岩性为黑云母二长花岗岩和黑云母花岗

闪长岩)内,主要为韧性剪切带和线环构造的交切区;此类型区域皆属成矿有利区段。提取结果与几个已知矿点吻合的较好,尤其与已知365金矿点区域空间位置完全吻合,其他几个已知矿点也分布在所提取出的泥化信息周围地区。与只借助遥感信息所提取出的异常信息(图3)相比,融合后的异常信息将不可能产生蚀变的区域中大部分伪异常信息点剔除,所提取出的蚀变区域更为具体、空间精确度有很大提高,实现了遥感信息和化探信息的真正融合。

## 5 结语与讨论

多源地学数据从不同角度为目标地物识别提供了丰富的信息;遥感信息与化探信息的融合可以实现2个不同数据源的优势互补,克服单一数据源在异常区域划分时的局限性。以遥感信息与化探信息的内在产生机理为基础,依据遥感光谱信息与化探元素信息之间的互证关系,以二者物质成分为基础对原始遥感信息进行了图像重建,增强了图像的蚀变信息特征,所得结果经野外检查验证效果较好,为中等比例尺矿物填图提供了很好的依据。从提取结果还可以看出,由于所用化探数据采样精度和遥感数据分辨率的限制,局部地区仍存在有待验证的异常区域。遥感信息中特定的光谱曲线反映了土壤中特定的矿物信息,今后可尝试利用已知的化学元素反演土壤中的黏土矿物含量<sup>[19]</sup>,利用所得数据与遥感信息进行融合和处理,使获取的异常信息更为精确。

## 参考文献(References):

- [1] Pohl C, Van Genderen J L. Multisensor image fusion in remote sensing: concept, methods and applications [J]. *International Journal of Remote Sensing*, 1998, 19 (5): 823-854.
  - [2] Leckie D G. Synergism of SAR and visible infrared data for forest type discrimination [J]. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 1990, 56(9): 1237-1246.
  - [3] 吴德文,袁继明,张远飞,等.遥感与化探数据融合处理技术方法及应用研究[J]. *国土资源遥感*, 2005(3): 44-48.
- WU De-wen, YUAN Ji-ming, ZHANG Yuan-fei, et al. A study of fusion processing methods and the application of remote sensing data and geochemical data [J]. *Remote Sensing for Land & Resources*, 2005(3):

- 44-48.
- [4] 杨自安, 彭省临, 刘悟辉, 等. 高寒山区遥感与化探综合找矿信息的提取[J]. 中南大学学报: 自然科学版, 2009, 40(4): 1121-1126.  
YANG Zi-an, PENG Sheng-lin, LIU Wu-hui, et al. Extraction of remote sensing and geochemical prospecting information in high and cold mountainous areas [J]. Journal of Central South University: Science and Technology, 2009, 40(4): 1121-1126.
- [5] Pat S, Chavez, Stuart C, et al. Comparison of three different methods to merge multiresolution and multispectral data: TM & SPOT pan[J]. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 1991, 57(3): 295-303.
- [6] Kokos D, Argialas D, Mavrouza R, et al. Structural analysis for gold mineralization using remote sensing and geochemical techniques in a GIS environment: island of Lesbos, Hellas [J]. Natural Resources Research, 2000, 9(4): 277-293.
- [7] Karger M, Saudimirsky S. Multidimensional statistical technique for detection of low contrast geochemical anomalies [J]. Journal of Geochemical Exploration, 2001, 72(1): 47-58.
- [8] 方宏宾, 李志中. 遥感化探信息综合分析在地质找矿中的应用研究[J]. 国土资源遥感, 1998(4): 33-36.  
FANG Hong-bin, LI Zhong-zhong. The application of integration of remote sensing and chemical exploration information analysis to studying geological mineral deposit prediction [J]. Remote Sensing for Land & Resources, 1998(4): 33-36.
- [9] 周军, 陈明勇, 高鹏, 等. 新疆东准噶尔蚀变矿物填图及多元信息找矿[J]. 国土资源遥感, 2005(4): 51-56.  
ZHOU Jun, CHEN Ming-yong, GAO Peng, et al. Alteration mineral mapping and multi-information ore prospecting in eastern Junggar, Xinjiang [J]. Remote Sensing for Land & Resources, 2005(4): 51-56.
- [10] 刘成, 金成沫, 姚玉增, 等. 化探散点数据的图像化及其和遥感图像的叠合[J]. 东北大学学报: 自然科学版, 2003, 24(6): 597-599.  
LIU Cheng, JIN Cheng-mo, YAO Yu-zeng, et al. Imaging disperse geochemistry data and overlaying with remote sensed image [J]. Journal of Northeastern University: Natural Science, 2003, 24(6): 597-599.
- [11] 徐国端, 杨自安. 新疆东天山沙泉子地区化探遥感综合找矿信息与金矿成矿预测[J]. 地质与勘探, 2003, 39(6): 21-24.  
XU Guo-duan, YANG Zi-an. Geochemical and remote sensing integrated prospecting information and metallogenic prognosis of gold in the Shaquanzi area of eastern Tianshan Mountains, Xinjiang [J]. Geology and Prospecting, 2003, 39(6): 21-24.
- [12] Towinn T, Anne H, Schistad S. Information fusion in remote sensing [J]. Vistas in Astronomy, 1997, 41(3): 337-342.
- [13] Petrovic A, Khan S D, Chafetz H S. Remote detection and geochemical studies for finding hydrocarbon-induced alterations in Lisbon Valley, Utah [J]. Marine and petroleum Geology, 2008, 25: 696-705.
- [14] 祝洪臣, 王海坡, 张炯飞. 内蒙古苏尼特左旗两种不同成因类型金矿[J]. 吉林大学学报: 地球科学版, 2006, 36(5): 759-766.  
ZHU Hong-chen, WANG Hai-po, ZHANG Jiong-fei. Two genetic types of gold deposits in Sonid Zuotqi, Inner Mongolia [J]. Journal of Jilin University: Earth Science Edition, 2006, 36(5): 759-766.
- [15] 王家华, 高海余, 周叶. 克里金地质绘图技术: 计算机的模型和算法[M]. 北京: 石油工业出版社, 1999: 11-37.  
WANG Jia-hua, GAO Hai-yu, ZHOU Ye. Kriging geological mapping technique: computer models and algorithms [M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 1999: 11-37.
- [16] Frank R. Scattered data interpolation: test of some methods [J]. Mathematical Computation, 1982, 38: 181-200.
- [17] 靳国栋, 刘衍聪, 牛文杰. 距离加权反比插值法和克里金插值法的比较[J]. 长春工业大学学报, 2003, 24(3): 53-57.  
JIN Guo-dong, LIU Yan-cong, NIU Wen-jie. Comparison between inverse distance weighting method and Kriging [J]. Journal of Changchun University of Technology, 2003, 24(3): 53-57.
- [18] Jiang Li-jun, Xing Li-xin, Pan Jun, et al. Study on the background parameter quantization method of remote sensing data processing [C] // Proceedings of the 2009 2nd International Congress on Image and Signal Processing, Tianjin: Tianjin University Technology, 2009, 6: 2995-2999.
- [19] 郝立波, 陆继龙. 土壤黏土矿物含量计算方法研究[J]. 土壤通报, 2006, 37(3): 456-459.  
HAO Li-bo, LU Ji-long. A method for the calculation of clay minerals content of soil [J]. Chinese Journal of Soil Science, 2006, 37(3): 456-459.