基于光谱相似尺度的遥感矿化蚀变信息提取

傅文杰
(莆田学院 环境与生命科学系,福建 莆田 351100)

摘 要: 提出一种基于光谱相似尺度遥感矿化蚀变信息提取的新方法;首先根据蚀变岩及矿体围岩的实测光谱数据,利用光谱相似尺度方法,直接从TM图像中提取与金属矿化有关的蚀变信息。通过对青海芒崖地区遥感矿化蚀变信息提取的试验,表明该方法的可行性和有效性。

关键词: 光谱相似尺度;遥感;矿化蚀变信息;青海芒崖地区
中图分类号: O433;P614 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-1412(2008)02-0161-04

0 引言

岩矿光谱识别是指通过对岩石矿物光谱和实验室测量的参考光谱进行匹配或岩石矿物光谱与参考光谱数据库进行比较,求出它们之间的相似性或差异性,从而直接识别矿物,提取岩性、蚀变、矿化等信息。目前常用的方法有光谱匹配(SM, Spectral matching)[1]和相似指数(SI, Similarity index algorithm)[2],但它们都具多解性,均不能同时描述光谱向量之间的亮度差异和方向差异,也就是不能准确地反映光谱向量之间的相似度,因而难以对岩矿进行准确分类与识别。本文介绍一种新的测量光谱向量之间相似度的方法——光谱相似尺度法,并将其应用于遥感矿化蚀变信息提取。

1 光谱相似尺度的理论基础

光谱相似性尺度(spectral similarity scale, SSS)[3]的理论基础是从向量的定义开始。向量的定义为具有大小和方向的量。向量有两个要素:大小和方向。两个向量相似即它们具有相似的大小和相似的方向。两个不完全相同的向量可能是在大小上或者方向上有所不同,也可能是在方向和大小上都不同。一个精确的向量相似性度量方法应能同时度量大小和方向的差异。然而现有的各种向量相似性度量方法(如欧氏距离和光谱角度等)均不能同时描述光谱向量之间的大小差异和方向差异,光谱相似尺度是一种能同时测量大小和方向差异的新的光谱相似性度量方法。

光谱相似尺度的数学定义在基于向量同一性的定义(两个相同的向量有相同的大小和方向)和向量的大小与方向无关的假设。为了同时度量两个光谱间的大小和方向的差异,我们引入了光谱相似值SSV(spectral similarity value)的数学表达式如式(1):

$$SSV=\sqrt{d_e^2+\hat{r}^2} \tag{1}$$

这里,d_e 为广义的欧氏距离,主要度量光谱向量间的大小差异,由式(2)式计算。$\hat{r}$ 为1减去相关系数平方的差,主要度量光谱向量间的方向(形状)差异,计算式为(3)式。

$$d_e=\sqrt{\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}(X_i-Y_i)^2} \tag{2}$$

其中,N 为光谱向量维数;X ,Y 都是 N 维向量。

$$\hat{r}=1-r^2 \tag{3}$$

其中,r 为相关系数,由式(4)计算:

$$r=\left[\frac{\sum_{i=1}^{N}(X_i-\mu_x)(Y_i-\mu_y)}{(N-1)\sigma_X\sigma_Y}\right] \tag{4}$$

其中,μ_x,μ_y 分别为两光谱向量的均值;σ_X,σ_Y 分别为两光谱向量的标准偏差。

收稿日期: 2006-12-13; **改回日期:** 2007-11-05
基金项目: 国家"十五"科技攻关项目"西部高寒山区铜金矿产勘查评价技术方法与综合示范研究"(2003BAA612-04)资助。
作者简介: 傅文杰(1967-),男,福建莆田人,高工,博士,研究方向:遥感技术及GIS应用。E-mail:fwjfj@163.com

万方数据

2 基于光谱相似尺度的矿化蚀变信息提取实验

2.1 研究区概况

本文以青海芒崖典型的采石沟金多金属矿化区和柴水沟金银铅锌矿化区作为研究对象。

研究区位于青海与新疆交界处，青藏高原北缘阿尔金山东段、柴达木盆地北缘和祁连山北西端。为高中山地，地形陡峻。无常年流水水系，湖井水咸苦，气候干燥少雨，植被覆盖率极低。

研究区地层发育不完整，又因断层破坏，各时代地层完整性也较差，出露地层主要有：①中元古界片麻岩、大理岩、片岩及砂岩等；②古生界奥陶系和泥盆系的滨海一浅海相的碳酸盐岩一硅质岩建造；③中生界三叠系、侏罗系和白垩系，为一套陆相地层；④新生界砾岩、砂岩和泥岩等。其中，中元古界是金矿的主要矿源层和赋矿层位，上古生界常常控制沉积改造型、火山岩型铅、锌、金、铁等矿床的产出，三叠系为锑、金矿的赋矿层，第三系为盐类、砂金、油气的主要含矿层。

区内褶皱和断裂构造十分发育，呈 EW 向、NEE 向和 NW 向展布。在该区已发现的金（多金属）矿床（点）中，近矿围岩蚀变发育，蚀变带宽 20～200 m，长 2 000 m。围岩蚀变多为褐铁矿化、黄铁矿化、黄钾铁矾化、绿泥石化、绿帘石化、绢云母化等，这些蚀变矿物（组合）都是提取遥感找矿信息异常的重要目标。

2.2 遥感数据源

（1）遥感数据源。本次研究使用的遥感数据源于美国 Landsat-5 的 TM 数据，数据景号为 139/34，时相为 1987-09-07，数据格式为 FAST-L7A。由于时相是 9 月上旬，和野外地物光谱测试的时间很接近，太阳高度角也相对较大，阴影面积比较小，故而有利于遥感异常信息提取和与实测光谱数据进行对比分析。

（2）基础图像预处理。图像预处理主要包括大气校正、几何校正、反射率转换和图像裁剪等。

2.3 光谱相似尺度提取矿化蚀变信息

（1）处理流程。光谱相似尺度提取矿化蚀变信息流程分为 4 步：①对遥感图像进行预处理：包括几何精校正、地理配准、图像裁切、反射率转换和掩膜等处理；②提取典型蚀变岩样本的参考光谱：样本参考光谱可以是标准光谱库光谱、野外测定光谱或是从已知蚀变区或矿床（矿化点）获取像元光谱；③利用 SSS 算法，分别计算影像上每个像元光谱与参考光谱之间的 SSV 值；④设定一个适当的 SSV 阈值，将 SSV 值小于设定阈值的像元提取出来，输出提取结果。

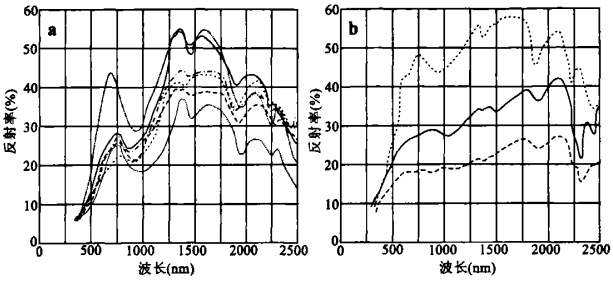


图 1 铁化和泥化蚀变岩实测光谱（据吴德文）

Fig. 1 Spectrum measured from the rocks with iron tincture and argillation

a. 铁化 b. 泥化

（2）岩矿光谱测试及蚀变信息提取结果。为了获取试验区的岩矿光谱特征，采用剖面（点）测试和测场两种测试方法，从可见光到短波红外光谱，波谱范围为 350～2 500 nm，对与多金属矿化有关的蚀变岩石及矿化围岩进行了波谱测试。蚀变岩包括褐铁矿化、菱铁矿化、黄钾铁矾化、绿泥石化、绿帘石化、粘土化、碳酸盐化、蛇纹石化或硅化等蚀变类型的岩石；矿化围岩包括凝灰岩、花岗岩、花岗闪长岩、石英斑岩、砂岩、角斑岩。通过对岩矿光谱的聚类分析[4]，得到铁化蚀变岩的光谱 6 条，泥化蚀变岩的光谱 3 条（图 1），分别取其平均值，并按照 TM 的波段

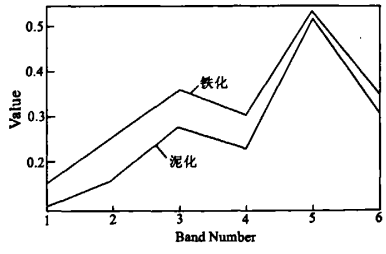


图 2 铁化蚀变岩和泥化蚀变岩的参考光谱

Fig. 2 The reference spectrum for the rock with iron tincture and the rock with argillation

万方数据

响应函数进行转换,得到铁化蚀变岩和泥化蚀变岩的参考光谱(图2)。利用所得到的铁化蚀变岩和泥化蚀变岩参考光谱,应用 SSS 法,分别计算研究区各像元光谱与这两种参考光谱之间的 SSV 值,选取适当的阈值提取蚀变信息异常。图 3 为 SSV 阈值为 0.1 提取的铁化和泥化蚀变异常图。

2.4　遥感蚀变信息提取结果评价

本次实验提取的遥感蚀变异常多呈不规则面型集合体或连续性较好的带状、条带状。

在遥感蚀变信息提取的基础上,对该区部分异常点进行了查证。主要采用两种查证方法:一是对已知矿床(点)的查证,主要用地质矿产图与遥感蚀变信息图进行叠合分析,统计吻合程度,对部分典型矿床进行野外查证;二是典型蚀变信息的野外查证。研究区共提取出 21 个遥感蚀变异常区(带),在查验的 14 个异常中,8 个异常群(1～5,17～19)与已知矿化体(矿化蚀变体)完全吻合;4 个异常群(6,10～12)不仅发现矿化蚀变体,经验证采样 $w(Au)=50\times10^{-9}\sim200\times10^{-9}$,最高达 700×10^{-9},另还有 2 个异常群(14,21),在实地为蚀变体,但含 Au 较低。其余几个异常群有待于进一步验证。蚀变异常实地验证图见图 4。

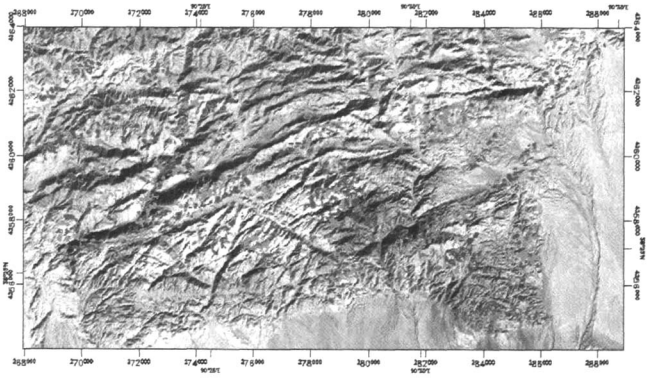


图 3　SSS 提取的铁化蚀变和泥化蚀变异常图

Fig. 3　The SSS-extracted anomaly map showing iron tincture and argillation

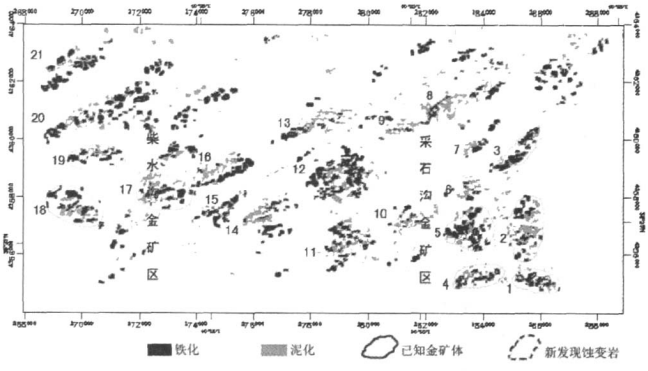


图 4　研究区蚀变异常验证图

Fig. 4　A map showing the field check results of the extracted anomalies

3　结论

本文提出的一种新的基于光谱相似尺度的遥感矿化蚀变信息提取方法,经实例验证,表明该方法是一种有效的矿化蚀变信息提取方法。同时因为光谱相似尺度可同时度量光谱间的大小和形状,因此有利于减少异物同谱现象的影响,提高遥感蚀变信息提取的精度。

参考文献:

[1] Baugh W M, Kruse F A, William W, *et al*. Quantitative Geochemical Mapping of Ammonium Minerals in the Southern Cedar Mountains, Nevada, Using the Airborne Visible infrared Imaging Spectrometer(AVIRIS)[J]. Remote Sens. Environ, 1998, 65: 292-308.

[2] Fenstermaker L K, Miller J R. Identification of Fluvially Redistributed MillTailings Using High Spectral Resolution Aircraft Data[J]. Photogram metric Engineering Remote Sensing, 1994,60(8):989-995.

[3] Granahan J C, Sweet J N. An evaluation of atmospheric correction techniques using the spectral similarity scale[J]. IEEE 2001 International Geoscience and Remote Sensing Symposium, 2001, 5: 2022-2024.

万方数据

[4] 吴德文，朱谷昌，吴健生，等. 青海芒崖地区岩石光谱特征分析及应用[J]. 国土资源遥感，2001，(4)：28-34.

A NEW METHOD OF MINERALIZATION-ALTERATION INFORMATION EXTRACTION FROM REMOTE SENSING IMAGE BASED ON SPECTRAL SIMILARITY SCALE

FU Weng-jie

(*Environment and Bio-sciences Department, Putian University, Putian* 351100, *Fujian, China*)

Abstract: The paper describes a spectrally similar scale based mineralization-alteration information extraction method from remote sensing image. The spectraly similar scale is used to extract alteration information related to metal mineralization directly from TM images on basis of spectral data measured from altered rocks and ore host rocks of ore bodies. The extraction test was conducted in Mangya district, Qinghai province with effective results.

Key Words: the spectrally similar scale; remote sensing; mineralization-alteration information, Mangya district, Qinghai province

(上接第 160 页)

[10] 夏勇，赵荣椿. 基于形态学多重分析的遥感图像多尺度分割[J]. 计算机应用，2006，26(9)：2071-2073.

[11] 邢帅，郭金华，徐青. 多源异质遥感影像的分形特征分析[J]. 测绘科学技术学报，2006，23(8)：254-257.

[12] 庄永秋，王任重，杨树培，等. 云南个旧锡铜多金属矿床[M]. 北京：地震出版社，1996. 1-105.

[13] 王仁铎，胡光道. 线性地质统计学[M]. 北京：地质出版社，1988. 1-30.

[14] Cheng Q. Multifractality and spatial statistics[J]. Computer & Geosieccs, 1999, 25(9): 949-962.

[15] Mandelbrot B B. Multifractals and 1/f Noise[M]. NewYork: Springer-Verlag, 1999. 1-442.

[16] 毛政利，彭省临，赖健清，等. 个旧矿区东区断裂构造分形研究及成矿预测[J]. 地质找矿论丛，2004，19(1)：17-19.

APPLICATION OF FRACTAL THEORY TO QUANTITATIVE ANALYSIS OF REMOTE SENSING INFORMATION IN GEJIU TIN DEPOSIT, YUNNAN

ZHANG Jian-dong, PENG Sheng-lin, YANG Bin, LIU Ming

(*School of Geoscience and Environmental Engineering, Central South University, Changsha* 410083, *China*)

Abstract: Based on the theory and methodology of fractal, the authors have quantitatively studied remote sensing information. The results showed apparent linear correlation of logarithm for the grid number into which the remotely sensed alterations and fractures entered to that of side length from 1.4-4.5 km indicating that the statistical self-similarity and fractal characteristics of the remote sensing information are well developed in each subdivision. Based on the results area19, 26 are taken as the examples to discuss the metallogenic significance of fractal characteristics of the remote sensing data.

Key Words: remote sensing; fractal; alteration; Gejiu tin deposit; Yunnan province

万方数据