

基于蚀变信息场的遥感蚀变信息提取

吕凤军¹, 邢立新², 范继璋¹, 潘军², 孟涛², 何全军³

(1. 吉林大学综合信息矿产预测研究所, 长春 130026;

2. 吉林大学地球探测科学与技术学院, 长春 130026; 3. 广州气象卫星地面站, 广州 510640)

[摘要] 遥感色调异常是遥感矿化信息识别和遥感找矿的重要标志。用于蚀变信息提取的图像处理方法主要有比值增强和主成分分析两种方法。然而, 如何识别和划分多光谱数据中的异常色调没有统一的标准。文章从图像增强、特征变量选择、特征变量组合分析、特征色调空间展布规律, 建立研究区的模式识别字典, 提出蚀变信息场理论, 从蚀变信息场场强的角度对预测区的异常色调进行定量反演。在吉林东部小西南岔铜金床找矿预测中取得显著效果。

[关键词] 蚀变信息场 模式识别字典 异常色调 定量反演

[中图分类号] P627 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 0495-5331(2006)02-0065-04

0 引言

遥感蚀变信息是蚀变岩(带)在遥感影像反映出来的一种综合光谱信息。在热液作用的影响下, 使矿物成分、化学成分、结构和构造发生变化的岩石, 由于它们经常见于热液矿床的周围, 故称为蚀变围岩。由于蚀变围岩与正常围岩的矿物成分、化学成分、岩石组构和颜色上有所不同, 所以在多波段遥感图像上表现为不同的颜色、色调和纹理差异。Ranjbar 等^[1]使用克罗塔技术(Crosta)在气候干旱或半干旱的岩石出露好地区提取蚀变岩信息; 张晋开、Kaufmann、Ruiz-Armenta、马建文等^[2-5]利用主成分分析、比值等方法在“中等植被覆盖区(覆盖度为20%~30%)和地表复杂地区(如湿度大, 覆盖层厚, 植被发育或高纬度的森林、冰川、第三纪黄土、白云及杂草环境)进行蚀变信息提取研究; JianWen Ma、刘素红等(2000)^[6,7]利用 Gram-Schmidt 投影方法在东昆仑高寒山区提取 TM 数据中含矿蚀变带信息; 陈光火、刘成、马超飞等(2003)^[8-10]利用混合像元线性分解方法, 去掉部分植被信息干扰后, 提取蚀变信息; 马跃良等^[11-13]把遥感与生物地球化学技术相结合, 利用遥感技术探测植物“异常”信息, 成功地应用于海南西部成矿带, 海南南部金矿远景区及广东河台金矿等地找矿工作。上述学者在研究

过程中, 很少考虑到线性纹理空间信息。作者利用线性纹理空间特征和色调特征, 提出蚀变信息场理论。本文以吉林东部小西南岔铜金矿为例, 结合多光谱遥感识别地物所依据的色调和纹理特征, 利用蚀变信息场的理论, 把地物的色调特征与空间特征相结合, 研究北方落叶时相遥感蚀变信息提取方法, 为地表植被严重覆盖区(覆盖度大于80%)探测金矿床提供理论基础。

1 蚀变信息场理论及意义

1.1 蚀变信息场理论

从场理论的概念来看, 如果一质点放在空间内任何一点上都受到力的作用, 则空间内就有力场的存在^[14]。因此, 从与热液矿床有关的围岩蚀变现象而言, 在空间内一定存在热源, 热液对周围岩石的作用, 与热液的压力、温度及周围构造发育程度等周围环境有关。因此, 如果一岩体质点在空间内任何一点都受到蚀变作用, 则空间内就有蚀变场的存在。与热液矿床成矿作用有关的热热水溶液, 对周围岩石产生各种蚀变作用, 作者认为这种作用是通过场来实现的, 基于这种场的理论, 利用遥感数据提取蚀变信息, 叫蚀变信息场。蚀变信息场, 具有大小, 方向。大小——蚀变的强弱; 方向——线性构造方向, 方向的数值为方向分布概率。蚀变信息场是有源场, 其

[收稿日期] 2005-04-27; **[修订日期]** 2005-06-24; **[责任编辑]** 余大良。

[基金项目] 中国地质调查项目(编号: 200120140119)资助。

[第一作者简介] 吕凤军(1973年-), 男, 1999年毕业于长春科技大学, 在读博士生, 现主要从事遥感与地理信息系统方面的研究工作。

源为热源。在热源的法线并远离热源的方向,蚀变强度变化最快,即场强下降最快的方向。由于与成矿作用有关的热源不只一处,因此,蚀变信息场强也存在场强叠加性。

蚀变信息场是由波谱信息与空间信息两部分组成,其中典型蚀变矿物所含离子或基团的波谱信息构成特征向量,纹理的空间的分布概率构成空间信息。由于利用多光谱数据识别地表信息主要依据地物纹理色调信息及纹理空间信息,因此,利用蚀变信息场理论可以充分利用多光谱遥感数据中空间维与波谱维信息。

蚀变信息场的数量化分析分为 3 个步骤,即场总体统计特征研究一场的数字表征一场的数学解析^[15]。

蚀变信息场的总体统计特征研究:统计工作区内已知点处的具有特征色调纹理(即具有蚀变意义的某种色调线性纹理)亮度值及其走向。计算特征色调的亮度值的均值及标准差及纹理的空间分布概率。以均值加、减标准差作为已知区波谱信息分量的变化的上、下限,建立工作区蚀变信息模式识别字典,从而得到已知区波谱维信息和空间维信息;在预测区,按相同的准则统计特征色调灰度值,根据蚀变信息模式识别字典,统计未知区特征向量组合。

蚀变信息场的数字表征:为特征向量组合赋值。建立研究区特征向量组合得分表,建表过程中,要综合考虑各特征向量在蚀变信息提取中的重要程度。

未知区场强的数学解析:根据工作区特征向量组合得分表,把未知区特征向量组合转换为相应的数值,然后再乘以方向概率,得到未知区蚀变信息场均强。其数学表达式:

$$E = f(x, y, z) \times p_{\theta} \quad (1)$$

$$p_{\theta} = \frac{n_{\theta}}{\sum_{\theta'} n_{\theta'}} \quad (2)$$

其中:

E —蚀变信息场强;

$f(x, y, z)$ —特征向量组合得分;

x, y, z —蚀变矿物在遥感影像上的灰度值;

p_{θ} —含有 x, y, z 意义的线性纹理的方向概率;

n_{θ} —第 θ 方向的线性纹理个数;

θ —方位角。

场强的大小,表示蚀变程度的强弱。

蚀变信息场场强叠加原理:

$$E = \sum_i E_i$$

E_i :不同热源形成的蚀变信息场的场强。

1.2 蚀变信息场的意义

蚀变信息场是由波谱信息与空间信息两部分组成,其中典型蚀变矿物所含离子或基团的波谱信息构成波谱维特征向量,纹理的空间的分布概率构成空间维特征向量。由于利用多光谱数据识别地表信息的主要依据地物纹理色调信息及纹理空间信息,因此,利用蚀变信息场理论可以充分利用多光谱遥感数据中空间维与波谱维信息,并把二者充分结合。

2 蚀变信息场的应用

2.1 工作区地质概况

小西南岔铜金矿床位于吉林省珲春市东部,以香房河为界,分为北山和南山 2 个矿区。北山矿区露天开采,南山矿区井下开采,但地表有出露。小西南岔外围地区,如金泉岗地区,地表植被覆盖严重。矿区主要围岩蚀变有绢云母化、硅化、绿泥石化、黄铁绢英岩化、黄铁矿化、碳酸盐化;其中硅化、绢云母化、黄铁矿化与金矿化有密切关系^[16]。

2.2 研究区蚀变矿物的波谱特征

诸如绿泥石化,黄铁矿化,绢云母化中含有三价铁离子和羟基基团。知含有三价铁离子的矿物其反射光谱在 TM1、TM4 波段呈吸收特征,在 TM3、TM5、TM7 为较高反射率;含有羟基离子团的矿物在 TM7 波段呈吸收特征;但是这些蚀变矿物在 TM5 波段具有较高的反射率表 1。当蚀变矿物波谱曲线斜率符号相反时,利用比值方法,可以增强含羟基蚀变矿物信息。当数据间相系数较大时,可以利用主成分分析方法,依据地物波谱波特征,选择适当的波段做主成分分析,通过分析载荷因子的符号,选择某一主成分,从而增强含羟基离子团和三价铁离子的蚀变矿物信息。

表 1 蚀变矿物在 TM 数据上的波谱特征表

离子(基团)	矿物类型	常见矿物类型	强反射	强吸收
Fe^{3+}	铁氧化物	褐铁矿、针铁矿、赤铁矿、黄钾铁矾	TM-3, 5, 7	TM-1, 4
OH^-	粘土矿物	高岭石、地开石、埃洛石、白云母	TM-5	TM-7

2.3 应用实例

1) 把增强后的区域控矿构造信息,三价铁离子信息及羟基信息赋予不同的颜色分量,经彩色合成后得到工作区的蚀变信息提取图;同时,把工作区收集到的 51 个已知矿床、矿点及矿化点的位置信息,标注到蚀变信息提取图像中^[17]。

2) 应用蚀变信息场原理,按图1模型定量计算预测区各特征色调的场强,并且利用蚀变矿物所包含离子或基团的诊断波谱特征,反演特征色调的地质含义。Iraj Nava(1994)认为,并不是所有的三价铁离子与羟基都与围岩蚀变有关^[18]。因此,有必要对未知区场强进行分类,去除认为没有地质意义场强。用距离方法分类,其数学解析如下:

if($E_i > A$)

E_i 为蚀变信息

else

E_i 不是蚀变信息

endif

其中: $A = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n E_i \dots\dots, i = 1, 2, \dots, n$

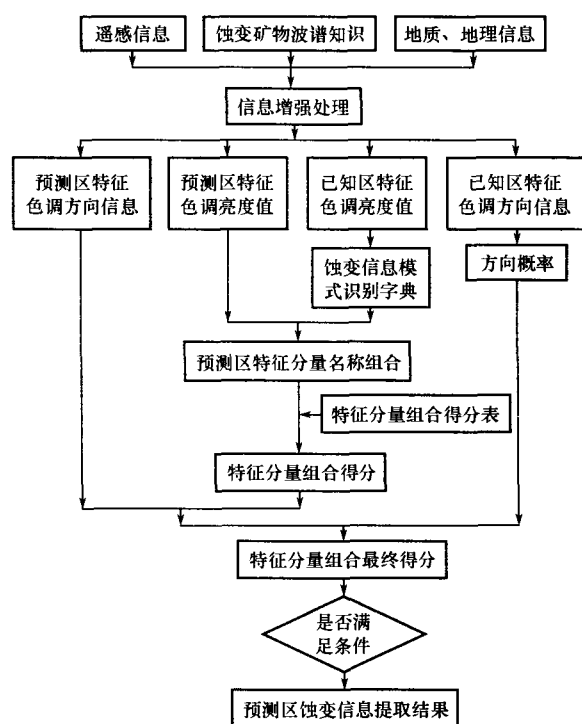


图1 蚀变信息提取流程图

3 结 语

1) 利用蚀变信息场理论,成功地计算出在吉林东部小西南岔铜金矿矿区内10号隐伏矿体,并且在小西南岔北山西侧找到一处新的工业矿体,该矿体已投入生产;矿区西侧金泉岗地区3、5、8矿化点处,评价五处为蚀变信息的特征色调,除其中一条特征色调方向信息不理想。经野外查证,在三处均见到黄铁绢英岩,并且在这处三处地段的找矿工作又有新的突破。

2) 以蚀变矿物的波谱特征为理论依据,用遥感数字图像处理技术为方法,提取羟基和三价铁离子信息。利用上述方法得到蚀变信息提取图像,构成特征色调的颜色分量意义明确,益于地质解释。

3) 蚀变信息场的理论,充分考虑了多光谱遥感数据波谱维与空间维信息,并运用地学蚀变岩形成过程的理论,体现了遥感信息提取理论与地学理论有机结合。

[参考文献]

- [1] Ranjbar H, Honarmand M, Moezifar Z, et al. Application of Cross technique for porphyry copper alteration mapping, using ETM + data: A case study of Meiduk and SAR[R]. <http://www.gisdevelopment.net/application/geology/mineral>
- [2] 张晋开,崔承禹,支毅乔. 基于主成分分析的植被掩模与模式滤波方法在中等植被区蚀变信息提取中的应用[J]. 中国图像图形学报, 1996, 1(2): 108 ~ 114.
- [3] Kaufmann H. Mineral exploration along the Aqaba - Levant Structure by use of TM - data Concepts, processing and results[J]. Int. J. Remote Sensing, 1988, 9(10): 1639 ~ 1658.
- [4] Ruiz - Armenta J R, Prol - Ledesma R M. Techniques for enhancing the spectral response of hydrothermal alteration minerals in Thematic Mapping Images of Central Mexico[J]. Int. J. Remote Sensing, 1998, 19(10): 1981 ~ 2000.
- [5] 马建文,赵志明,布和敖斯尔. 遥感数据模型与处理方法[M]. 北京:中国科学技术出版社, 2001. 9.
- [6] Jianwen Ma, Huadong Guo, Changlin Wang, et al. Extraction of Polymetallic mineralization information from multispectral Thematic Mapper Data Using the Gram - Schmidt Orthogonal Projection (GSOP) Method[J]. Int. J. Remote Sensing, 2001, 22(17): 3323 ~ 3337.
- [7] 刘素红,马建文,蔺启忠. 通过 Gram - Schmidt 投影方法在高山区提取 TM 数据中含矿蚀变带信息[J]. 地质与勘探, 2000, 36(5): 62 ~ 65.
- [8] 陈光火. 中等程度植被覆盖区岩石蚀变信息提取技术及其应用[J]. 国土资源遥感, 1992, (3): 55 ~ 60.
- [9] 刘 成,王丹丽,李笑梅. 混合像元线性模型提取中等植被覆盖区的粘土蚀变信息[J]. 遥感技术与应用, 2003, 18(2): 95 ~ 98.
- [10] 马超飞,蔺启忠,马建文,等. 定量消除植被影响的补偿置换方法研究[J]. 中国图像图形学报, 1999, 4(7): 553 ~ 556.
- [11] 马跃良. 广东省河台金矿生物地球化学特征及遥感找矿意义[J]. 矿物学报, 2000, 20(1): 80 ~ 86.
- [12] 马跃良. 金的生物地球化学及遥感探矿方法[J]. 地质地球化学. 1999, 27(1): 49 ~ 55.
- [13] 马跃良,徐瑞松. 遥感生物地球化学在找矿勘探中的应用及效果[J]. 地质与勘探, 1999, 35(5): 39 ~ 43.
- [14] 薛琴访. 场论[M]. 北京:地质出版社, 1978. 9.
- [15] 王润生,杨文立,黄大年,等. 地质勘查图像分析与综合[M]. 北京:地质出版社, 1992. 7.
- [16] 时俊峰. 小西南岔金铜矿床地质特征及成因机制[J]. 贵金属地质. 1998, 7(4): 274 ~ 280.

- [17] 吕凤军,邢立新,范继璋,等. 基于统计识别模型的遥感蚀变信息提取[J]. 吉林大学学报(地球科学版),2005,35(4): 535~538.
- [18] Iraj Navai, Simin MehdiZadej - Tehrani. Alteration Mapping by Remote Sensing Techniques in South Iran - A Case Study [EB/OL]. <http://www.gisdevelopment.net>

EXTRACTING ALTERATION INFORMATION OF REMOTE SENSING BASED ON ALTERATION INFORMATION FIELD

LU Feng - jun¹, XING Li - xin², FAN Ji - zhang¹, PAN Jun², MENG Tao², HE Quan - jun³

(1. Institute of Mineral Resources Prognosis of Synthetic Information, Jilin University, Changchun 130026;

2. College of Geoexploration of Science and Technology, Jilin University, Changchun 130026;

3. Guangzhou Meteorological Satellite Grounel Statim, Guangzhou 510640)

Abstract: Remote sensing hue anomaly is an important indication for remote sensing mineralization information identification and ore - finding. Ratio enhancement and principal component analyses are main ways for extracting alteration information. However, there is no unified standard how to identify and classify anomaly hues of multi - spectral remote sensing data. Based on image enhancement, characteristic vector selection, characteristic vector assemble analysis and anomaly hue distributing rules, model dictionary in the studied area is established and alteration information theory is put forward. Quantitative inverse of anomaly hues is conducted based on alteration information. Remarkable prediction results are got in the Xiaoxinancha gold deposit.

Key words: alteration information field, model identification dictionary, anomaly hue, quantitative inversion

2005 年中国矿业十大新闻评出

经中国矿业联合会、中国煤炭工业协会、中国冶金矿山协会、中国石油企业协会等团体,以及相关产业新闻媒体的联合评选,2005 年中国矿业十大新闻揭晓。它们是:

1. 国务院下发通知,开展全面整顿和规范矿产资源开发秩序。
2. 国务院研究部署加强地质工作。
3. 中哈石油管道一期工程阿塔苏—阿拉山口段铺设竣工;中石油收购 PK 公司成功,这是迄今为止中国石油企业在海外实现的最大收购;中海油收购优尼科公司失败。
4. 进口铁矿石提价 71.5%,中国钢铁企业联合对外,在铁矿石谈判中的话语权提高。
5. 国务院首次下发指导煤炭工业发展纲领性文件——《关于促进煤炭工业健康发展的若干意见》。
6. 煤矿重特大事故频发;红顶煤商撤资 5.62 亿元。
7. 2005 年 7 月《钢铁产业发展政策》正式出台。
8. 中国大陆科学钻探工程竣工。
9. 中国国际矿业大会在京隆重召开。
10. 黄金价格创 25 年来最高。