

# 二维相关彩色编码技术在遥感蚀变信息提取中的应用

徐桃<sup>①</sup>, 杨自安<sup>②</sup>, 肖燃<sup>③</sup>, 刘清泉<sup>④</sup>

① 广西有色金属集团桂北投资有限公司, 桂林 541004;

② 有色金属矿产地质调查中心, 北京 100012;

③ 江西应用工程职业学院, 萍乡 337000;

④ 河南省有色金属矿产探测工程技术研究中心, 郑州 450016)

**摘要:**通过对“背景”、“干扰”与“异常”在二维散点图的空间结构分析,选取最优提取蚀变信息的波段组合。结合“遥感蚀变信息多层次分离提取”模型,主要采用二维相关彩色编码技术与Mask技术逐步去除干扰信息,实现蚀变异常二次提取,使得矿化蚀变信息一步步分离提取出来。实践证明此方法在解决地物混合复杂的地区的遥感蚀变信息提取中具有良好的效果。

**关键词:**蚀变指数;二维相关彩色编码技术;二维散点图;空间结构分析;蚀变异常信息提取

**doi:** 10.3969/j.issn.1000-3177.2012.02.018

**中图分类号:** TP751    **文献标识码:** A    **文章编号:** 1000-3177(2012)120-0091-05

## The Application of Extraction Alteration Information of Remote Sensing Based on Two-dimensional Color Encoding Method

XU Tao<sup>①</sup>, YANG Zi-an<sup>②</sup>, XIAO Ran<sup>③</sup>, LIU Qin-quan<sup>④</sup>

① Guangxi Nonferrous Melts Group Guibei Investment Group Co, Ltd, Central, Guilin 541004;

② China Non-ferrous Metals Resource Geological Survey, Beijing 100012;

③ Jiang xi Vocational College of Applied Engineering, Pingxiang 337000

④ Henan Provincial Non-ferrous Mineral Exploration Engineering Research Center, Zhengzhou 450016)

**Abstract:** Through analyzing the background, interference and alteration anomaly in two-dimensional scatter chart of spatial structure, this article combines with multi-layer extracting alteration information of remote sensing model, and uses two-dimensional color encoding method and mask technology to extract the alteration information twice. It's demonstrated that this method has gained a good effect in complex mixing land cover area.

**Key words:** alteration index; two-dimensional color encoding method; two-dimensional scatter chart; spatial structure analysis; alteration information extraction

### 1 引言

二维相关彩色编码技术是由二维散点图(又称二维直方图)拓展而来,如今已经成为一项非常重要而有用的方法技术。相比传统的比值法和主成分分

析法,它的优势主要体现在:①它使两个波段图像能够实现彩色显示;②能够以两个波段的主成分分析、比值增强、光谱角填图等三重形式实现专题信息的快速提取。对于地物混合程度高的复杂地区,其地物在二维散点图上的空间分布,几乎很难区分分离

收稿日期:2011-03-09    修订日期:2011-07-21

基金项目:中国地质调查局地质调查项目(编号:1212010780143)。

作者简介:徐桃(1981~),女,主要从事遥感地质找矿应用和研究。

E-mail: xutaox@yahoo.com.cn

出背景的蚀变信息<sup>[1~2]</sup>。基于这种情形,纯粹的利用比值法和主成分分析法进行信息提取效果不佳。笔者利用二维相关彩色编码技术,对此类地区(以西藏那曲地区为例)进行信息提取取得了良好的应用效果。

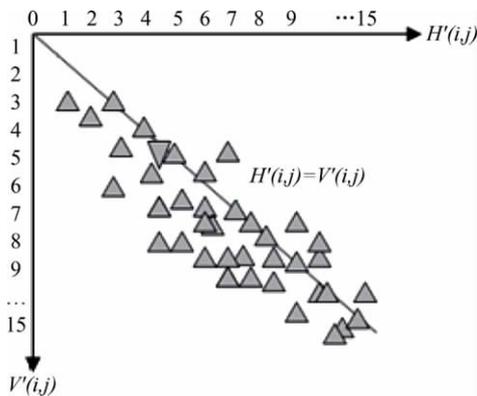
### 2 二维相关彩色编码技术的基本原理<sup>[3]</sup>

二维相关编码彩色图像是一种以图像方式直接反应二维变量统计相关关系空间分布的有效手段。根据应用要求,通过多元数据相关分析,选择两幅图像  $H(i, j)$  和  $V(i, j)$ , 它们的亮度值均为 256 级。第一步,把  $H(i, j)$  和  $V(i, j)$  的亮度值由 256 级(0~255)线性压缩成 16 级(0~15),压缩后的图像取名为  $H'(i, j), V'(i, j)$ ; 第二步,对图像  $H'(i, j), V'(i, j)$  利用下式进行二维相关编码:

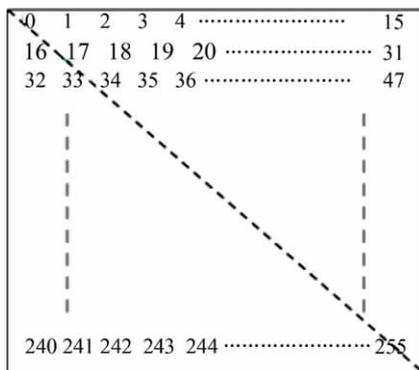
$$R(i, j) = H'(i, j) + V'(i, j) \times 16 \quad (1)$$

使  $H'(i, j), V'(i, j)$  二幅图像编码成一幅图像  $R(i, j)$ , 值的范围在 0~255 之间。

图 1(a) 是两幅图像的相关散点图,图 1(b) 是与图 1(a) 对应的二维彩色编码表,即每一个码值对应一个彩色级,而且要保持行、列方向的彩色呈梯度逐渐变化,式(1)是图 1(a)、(b) 的对应关系函数。



(a)



(b)

图 1 二维编码坐标和二维编码表

当处理  $R(i, j)$  图像时,对每个像元值按二维彩色表图 1(b) 赋予对应的彩色级时,便使  $R(i, j)$  最终成为一幅彩色相关图像。由此,根据散点图的结构情况,能够在  $R(i, j)$  图像上直接读取相关信息。

### 3 研究区概况

研究区位于西藏自治区那曲县北部,区内整体属高原低山丘陵地貌。东部地势较高,最高海拔在东南隅新开弄南达 5237m,西部地势相对低缓,如那曲向南海拔仅 4617m。

区内构造带主要位于班—怒结合带的两侧,除作为班—怒结合带与班戈—崩错—那曲板片分界的称曲断裂带外,其他断裂带可分为近东西向、北东向、北西向及近南北向几组。区内构造较为复杂,为矿床定位造就了良好条件。区内岩浆侵入岩出露不多,分布零星。见有斑状二长花岗岩,正长闪长岩、花岗斑岩小岩体及闪长岩脉、细晶岩脉。根据野外实地观测,区内与金属矿化有关的主要围岩蚀变有硅化、高岭土化、白云岩化、方解石化、绿泥石化、褐铁矿化、黄铁矿化等。此次研究所处理的 ETM 图像范围主要包括称曲铬铁矿点、隆玛了锌矿化点及绞唐拉铝锌矿化点。由于该区存在很多分散的植被、树状水系和第四系覆盖层的干扰,给提取遥感蚀变异常带来一定的困难。

### 4 基于二维散点图的背景干扰异常空间结构分析

近年来,利用波段比值法对热液蚀变矿物类型进行提取的方法主要有以下几种蚀变指数<sup>[4~9]</sup>: ① ETM3/ETM1: 用于识别褐铁矿; ② ETM5/ETM4: 用于区分有植被和无植被覆盖的土壤和岩石; 区分云母及黄钾铁矾,明矾石及石膏、方解石及粘土这三类矿物; 识别褐铁矿化; ③ ETM5/ETM7: 识别含羟基矿物,水合硫酸盐和碳酸盐; ④ ETM7/ETM4: 区分云母、石膏与明矾石; ⑤ ETM4/ETM3: 识别植被和区分褐铁矿化岩石。

图 2 为那曲地区的 ETM741 彩色合成图,由此图进行解译分析可知,该区存在植被、水体与阴影三种主要干扰地物,其中植被(见彩色图像中的草绿色)与水系(见彩色图像中的淡蓝色)的分布非常分散,且这两种地物的混合程度很高,成片分布的面积也很小(见彩色图像中的草绿色)。如何排除这些干扰影响是解决提取异常信息问题的关键。

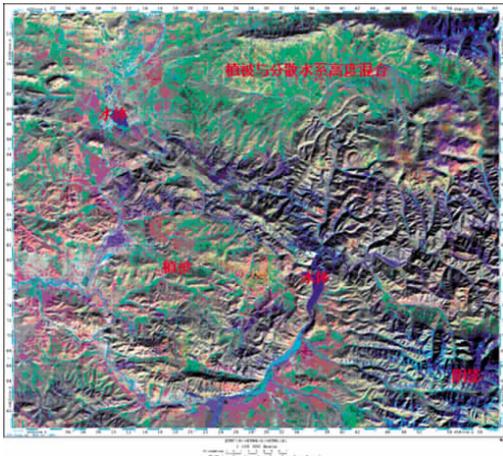
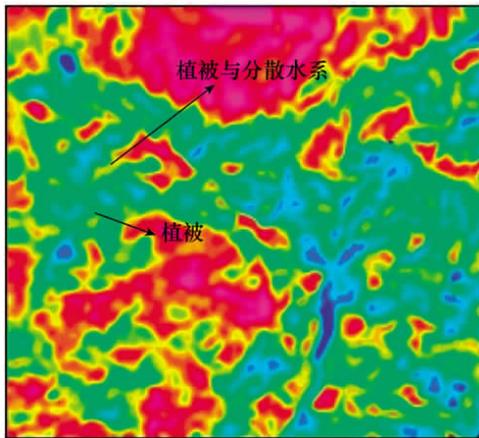
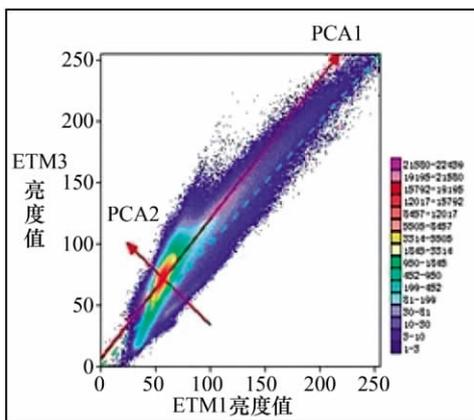


图2 那曲地区 ETM741 彩色合成图

首先从这些干扰地物在不同蚀变指数的空间分布形态进行分析,以选取最优提取方案。



(a)ETM3/ETM1 异常信息彩色分割图像



(b)ETM3、ETM1 二维散点图

图3 那曲区 ETM3、ETM1 二维散点图与 ETM3/ETM1 异常信息彩色分割图像

图3(a)为 ETM3/ETM1 比值法的异常信息彩色分割图像,品红色的部分为蚀变信息,但图中箭头所标识的蚀变异常信息实际为大片植被与水系混合地物和一些零星的植被,属于假异常。因此用该方

法提取蚀变信息效果不佳。图3(b)为 ETM3、ETM1 二维散点图中点群(聚类),其横纵坐标分别为 ETM1、ETM3 亮度值。红线为主背景回归线(PCA1),绿虚线为对角线。在主背景回归线(红线)左侧为其比值得到的蚀变信息结果,它既包括岩石信息也有植被信息和蚀变信息,这就是出现大片假异常的原因,表明了用常规的 ETM3/ETM1 比值方法来提取此类复杂的混合地物蚀变信息是不可行的。

图4为 ETM5、ETM7 二维散点图中点群(聚类),二维散点图绝大部分信息分布与对角线的上方,值得注意的是绝大部分的水体与阴影干扰位于主背景回归线(PCA1)的右下方与对角线之间。可利用二维相关彩色编码技术实现以 PCA2 为主成分轴的主成分分析,提取出来的蚀变异常分布于 PCA1 左侧。由图5实际的光谱曲线图可以看到,植被和有蚀变的岩石在 ETM5 上的反射率都高于 ETM7,即 ETM5/7 的值大于 1。没有蚀变的围岩,在 ETM5 和 ETM7 上的反射率基本相同,ETM5/7 近似于 1,故提取出来的蚀变异常不仅有岩石、蚀变信息还包含了植被信息。同时亦很好的抑制了水体与阴影、和部分没有蚀变岩石的背景干扰。

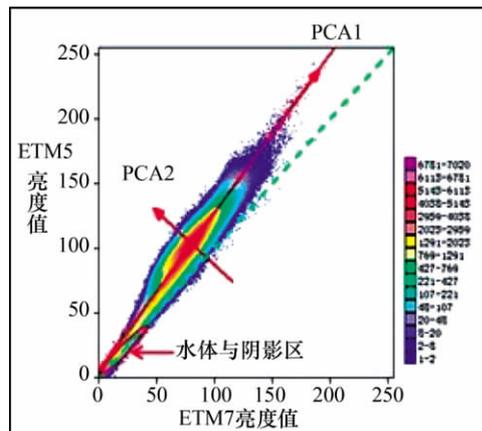


图4 ETM5、ETM7 二维散点图中点群(聚类)

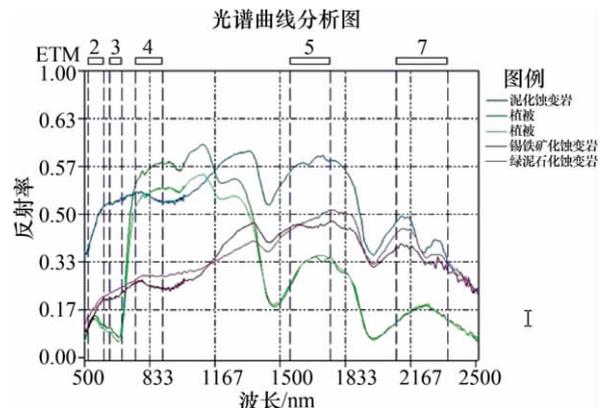


图5 蚀变岩石与植被的实验光谱曲线

综上所述,对于这种复杂的地物混合干扰强烈的研究区,结合“遥感蚀变信息多层次分离提取”模型<sup>[10]</sup>,进行遥感信息异常二次提取。第一次,利用ETM5/ETM7使其与岩石、植被等信息分离出来,抑制绝大部分的水体、阴影、和一部分的背景干扰;第二次,在剔除了一部分干扰与背景的蚀变指数ETM5/ETM7的二维相关彩色编码信息提取结果的基础上,利用蚀变指数ETM5/ETM4的二维相关彩色编码信息提取抑制植被干扰信息。

### 5 基于二维相关彩色编码技术的二次蚀变异常信息提取

#### (1) 采用二维相关彩色编码技术第一次异常信息提取

选择ETM5、ETM7两个波段(简称波段对)采用二维相关彩色编码技术进行第一次蚀变异常信息提取。此次提取的主要目的是使岩石、植被信息与水体、阴影和部分背景干扰分离出来。图6给出了ETM5、ETM7波段由二维相关彩色编码技术进行异常信息提取图像可视化实现过程示意图。二维相关彩色编码运算综合了将两个波段进行比值增强和两个波段主成分分析方法快速提取信息的功能。最后对其运算后的影像进行最优密度彩色分割得到蚀变信息图像。

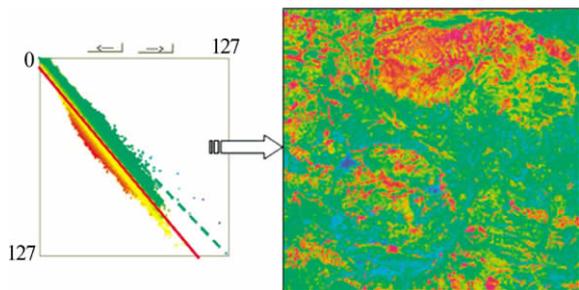


图6 二维相关彩色编码技术第一次提取蚀变信息(ETM5、7波段)

由此图可以看到,水体、阴影和一部分背景干扰属于伪彩色中蓝色系和绿色系一段,它们与提取出来的信息(黄色系和红色系段)分界明显。

#### (2) 基于Mask区采用二维相关彩色编码技术实现第二次蚀变异常信息提取

Mask区以往主要是用来掩膜图像、剔除干扰的。本文在Mask区内实现包括比值、主成分分析、光谱角填图、图像彩色分割等功能的操作,可以完成遥感信息的二次提取,实现多层次信息提取的重要目标。通过上述第一次提取蚀异常变信息,已经把岩石区和植被区从复杂的背景和干扰中分割出来。接下

来需要把分割出来的结果做成Mask训练区,而后在Mask区(即岩石和植被区)内进行ETM5、ETM4两个波段二维图像彩色相关编码,实现矿化蚀变信息的二次提取,此次提取目的是为了回避植被的干扰。

图7给出了ETM5、ETM4波段在Mask区内由二维相关彩色编码技术进行异常信息提取图像可视化实现过程示意图。右图中的橙红色部分为矿化蚀变信息。

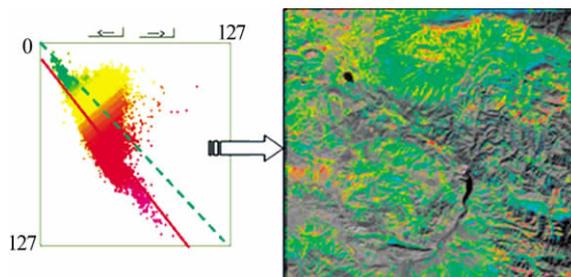


图7 二维相关彩色编码技术二次提取蚀变信息(ETM5、4波段)

#### (3) 蚀变异常提取结果验证

将上节提取的遥感蚀变异常图、地质矿产图叠加在一起,得到图8。

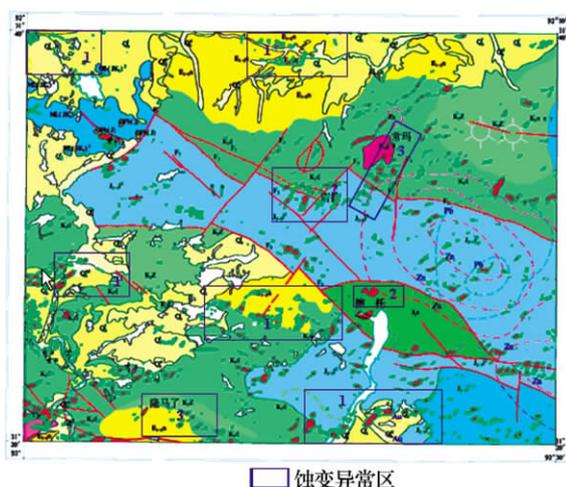


图8 那曲区蚀变异常区

由图10可见,本区遥感蚀变异常主要可归结为三种情况:①呈较大面积分布的点群状、不规则块状异常,其多见于区域性地层 $K_2z$ 、 $J_2-3$ 、 $K_1d$ 、 $E_{1-2}$ 以及第四系中,这些异常多由区域性面状岩石地层铁染或面积性风化和泥化或断裂引起含高铁质矿物所引起,对寻找金属矿化意义不大(如图10中1号异常区所示);②呈不规则点群状、散点状分布于NW向、NE向、南北向断裂或断裂交汇部位的异常,此类异常与断裂关系明显,在有利成矿背景下,具有寻找热液型和构造破碎带型多金属矿的前景(如图10中2号异常区所示);③呈不规则点群状、

散点状分布于侵入体接触带上,这些异常与侵入体本身或岩浆热液引起的蚀变有关,在有利围岩或构造条件下,具有热液型或矽卡岩型多金属矿的找矿指示意义(如图 10 中 3 号异常区所示)。

## 6 结束语

(1)目前,遥感蚀变信息的提取方法主要有主成分分析和比值法,但他们往往应用于旱或半干旱环境,具有一定的局限性。在干扰因素条件复杂的环境下其效果难以令人满意。本次研究利用二维相关编码技术和 Mask 技术对干扰因素条件复杂的地区进行二次蚀变信息提取取得了良好的效果,是对蚀变信息提取方法有意义的探讨。

(2)本文主要采用二维相关彩色编码技术提取蚀变异常。该技术综合了主成分分析、比值增强、光谱角填图等方法的功能。相比以上三种方法而言,该方法具有可视化的特点。在提取蚀变异常时,能够选取最佳的波段对,有效的排除干扰。使得提取蚀变异常更准确、有效。对 Mask 技术进行了新的拓展,在 Mask 区内实现包括比值、主成分分析、光谱角填图、图像彩色分割等功能的操作,使得提取蚀变异常结果更具有针对性与准确性。

致谢:本文进行蚀变异常提取的“高(多)光谱矿化蚀变信息提取”软件平台为有色金属地质调查中心与北京泰坦公司联合开发。在文章撰写过程中,张远飞教授给予了热情的指导和帮助,在此深表感谢。

## 参考文献

- [1] 张远飞,吴德文,朱谷昌,等. 遥感蚀变信息检测中背景与干扰问题研究[J]. 国土资源遥感,2008,76(2):22-26.
- [2] 赵鹏大,陈永清,刘吉平. 地质异常成矿预测理论与实践[M]. 武汉:中国地质大学出版社,1999.
- [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,2009,65(3):45-46.
- [4] 王润生,丁谦,张幼莹,等. 遥感异常分析的协同优化策略[J]. 地球科学(中国地质大学学报),1999,24(5):498-502.
- [5] Abrams, M. J., Ashley, R. P., Brown L. C., Goetz, A. F. H., Kahle, A. B. Mapping of hydrothermal alteration in the Cuprite mining district, Nevada, using aircraft scanning images for the spectral region 0.46 to 2.36  $\mu\text{m}$ [J]. Geology, 1977(5):713-718.
- [6] Hardin, P. J., J. M. Shumway. Statistical significance normalized confusion matrices[J]. Photogrammetric Engineering and Remote sensing, 1997, 63(6):735-740.
- [7] G. R. Hunt, J. W. Salisbury. Visible & near-infrared spectra of rocks and minerals[J]. Modern Geology, 1974, 5(1):15-22.
- [8] D. Rokos etc. Structural analysis for gold mineralization using remote sensing and geochemical techniques in a GIS environment; Island of Ios, Greece[J]. Natural Resource, 2000, 9(4):277-293.
- [9] Timothy M Kusky, Talaat M Ramdadan. Structural controls on Neoproterozoic mine realization in the South Eastern Desert, Egypt: An integrated field, Landsat-ETM, and SIR-C/X SAR approach[J]. Journal of African Earth Sciences, 2002(35):107-121.
- [10] 张远飞,朱谷昌,吴德文. 地质矿产调查的遥感蚀变信息多层次分离提取技术及应用[C]//中国遥感应用协会 2007 年学术年会, 2007:100-105.

(上接第 84 页)

- [5] 张晰,张杰,纪永刚. 基于纹理特征分析的辽东湾 SAR 影像海冰检测[J]. 海洋科学进展, 2008, 26(3):386-393.
- [6] Carsey FD. Microwave Remote Sensing of Sea Ice[M]. Washington DC: American Geophysical Union, 1992.
- [7] Dierking W, Skriver H, Gudmandsen P. SAR polarimetry for sea ice classification[C]//Proceedings of the Workshop on POLinSAR-Applications of SAR Polarimetry and Polarimetric Interferometry, ESA SP-529, Frascati Italy, 2003.
- [8] Cloude SR, Pottier E. An entropy based classification scheme for land applications of polarimetric SAR[J]. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 1997, 35(1):68-78.
- [9] Pottier E. The H $\alpha$  polarimetric decomposition approach applied to PolSAR data processing[C]//Proc. PIERS, Baveno, Italy, 1998:120-122.
- [10] Pottier E. Unsupervised classification scheme and topography derivation of PolSAR data based on the H $\alpha$  polarimetric decomposition theorem[C]//Proc. 4th international Workshop on Radar Polarimetry, Nantes, France, 1998:535-548.
- [11] Scheuchl B, Caves R, Cumming I, Staples G. Automated Sea ice classification using spaceborne polarimetric SAR data[C]//Proc. IGARSS, Sydney, 2001:3117-3119.