

## 基于遥感图像提取矿化蚀变信息

张远飞<sup>①</sup> 吴健生<sup>②</sup>

(<sup>①</sup> 桂林有色矿产地质研究院 桂林 541004; <sup>②</sup> 中国有色地质遥感中心 燕郊 101601)

**摘要** 系统总结了国内外有关从TM图像上提取金矿化蚀变信息的方法技术,并在此基础上加以拓展和深化,形成了“多元数据分析+比值+主成份变换+掩膜+分类(分割)”这种具有快速、准确、有效特点的认识提取“矿化弱信息”的方法。应用该方法技术先后在新疆、内蒙古及江西、云南提取金矿化蚀变信息,取得令人满意的效果。

**关键词** TM波谱特征 蚀变信息 图像比值 主成份分析 图像掩膜

卫星遥感技术如何应用于找矿实践是遥感界多年来一直在探索的问题。国内外学者竞相开展应用遥感TM图像进行蚀变岩填图和提取热液蚀变信息的试验,取得了不少成果<sup>[1~8]</sup>。但是,一般都采用比值+主成份分析的方法,该法要求研究区是干旱或半干旱环境,并且植被稀少或没有植被及基岩露头分布适当的地区,在复杂环境下的效果则不令人满意。实际工作中形成的“多元数据分析+比值+主成份变换+掩膜+分类(分割)”方法在北方地区的新疆、内蒙古及南方的江西、云南提取金矿化蚀变信息,取得令人满意的效果。

### 1 用于提取蚀变信息的TM图像波谱特征

由于金矿化多伴生绿泥石化、绢云母化、高岭土化,这些蚀变矿物大多含有羟基(OH<sup>-</sup>),在TM7(2.08~2.35 μm)波段都有强的吸收带,在TM5(1.55~1.75 μm)波段为强反射,即在这2个波段之间存在光谱反差,TM4(反射)和TM1(吸收)存在反射和吸收之间的微弱光谱反差;与金矿化有关的某些铁的氧化物和氢氧化物,其TM波谱特征:在TM3(0.63~0.69 μm)表现为强反射,在TM1(0.45~0.52 μm)、TM2(0.52~0.60 μm)和TM4(0.76~0.90 μm)表现为不同程度的相对(相对于TM3)吸收特征。TM图像的这些与蚀变组合矿物相关的波谱特征为提取含矿蚀变信息提供了坚实的基础。

### 2 “矿化弱信息”提取的主要思路

虽然蚀变矿物组合在TM图像上表现出一定的波谱特征,但是,矿化蚀变信息如矿化露头、蚀变、生物地化效应信息同非蚀变岩性、土壤及正常生长植被之间的差异很小,在遥感图像上是一种弱信息,单一或简单的图像处理方法都很难把这些“矿化弱信息”提取出来。通常采用最多的是“比值+主成份分析”方法<sup>[4~7]</sup>,有的文章也介绍了在这2种方法的基础上加上TM掩膜和分类<sup>[5]</sup>。我们发现,尽管这些方法有一定的效果,但其局限性是明显的。这些方法大多

1999-08-30 收稿。

都要求研究区属于干旱(或半干旱)、岩石裸露好、植被覆盖率低等环境条件好的地区。我国北方地区能满足这些条件,而对于湿度大、覆盖层厚、植被发育良好的南方地区很难取得好的效果。笔者认真总结上述方法技术特点,扬长避短,逐步形成了“多元数据分析+比值+主成份变换+掩膜+分类(分割)”这种识别提取“矿化弱信息”的方法。该方法主要思路是把“多元数据分析”作为选择特征变量的重要工具,为比值计算、主成份分析和分类技术选取最佳变量集,通过“比值+主成份分析”增强“矿化弱信息”(所增强出的信息中还包含有干扰信息),采用“掩膜+分类(分割)”逐步去除干扰信息,将矿化蚀变信息一步步分离出来。

### 3 应用效果评价

应用该方法技术先后在我国北方和南方的4个地区进行金矿化蚀变信息提取,均取得令人满意的效果。下面以新疆青河县布尔根(北方)和江西德兴(南方)2个地区的TM图像提取金矿蚀变信息为例,评价该方法的应用效果。

1)新疆青河县布尔根地区 新疆青河县布尔根地区是一个包括有金、铜、铁、镍等多金属的成矿区域。其中有科克萨依、阿拉塔斯、贝勒库都格等5个金矿(点)。几个大的金矿床产于克孜勒套推覆韧性剪切带上。金矿化蚀变带表现为强硅化、强绢云母化、绿泥石化和绿帘石化,同时伴有稀疏浸染状黄铁矿化、黄铜矿化等。因此,该地区既有含铁矿物蚀变又有含羟基矿物蚀变。根据TM多波段图像的“多元数据分析”选取TM1、3、4、5等4个波段,利用“掩膜”技术针对科克萨依金矿区做主成份分析,而后用PC2、1、3等3个主成份进行RGB彩色合成,在彩色合成图像上,我们发现矿化蚀变信息得到了明显增强,但是由于有其它地物信息的干扰,蚀变信息依然无法一目了然。

当用PC2/1、TM4/3、TM2/3等3个比值合成彩色图像时,明显压抑其它地物信息,蚀变信息(图像上的红色)被突出出来。在此基础上,采用“分类”技术对蚀变信息作进一步分离,并用“彩色分割”技术最终得到蚀变异常图像。这种图像类似化探异常图,不仅标出了蚀变异常的位置,也反映出蚀变的强弱程度;同地质图对照,所有金矿床(点)都在蚀变异常图上得到很好的反映,其它蚀变异常也大多发生在克孜勒套推覆韧性剪切带上、岩体的边部。青河煤矿也在一个蚀变异常上(煤矿含有羟基矿物)。还有一些未知的蚀变异常需要进一步查明和工作。

2)江西德兴地区 江西德兴是一个湿度大、覆盖层较厚、植被发育、干扰因素多的地区。我们处理的TM图像范围主要包括德兴铜矿、银山矿区及外围。区内有金山—石碑—西蒋—八十源—下栏坞北东向的金矿带。这个金矿带主要围岩蚀变有硅化、钠长石化、绢云母化、白云岩化、方解石化、绿泥石化、黄铁矿化,与金矿化关系密切的为硅化、黄铁矿化和铁镁碳酸岩化。这个地区的植被和第四系覆盖层对蚀变信息的提取影响较大,尤其是第四系覆盖层,它在TM1、2、3、5、7上的亮度值同矿化蚀变区的亮度值非常接近,而这5个波段是我们提取矿化蚀变信息的重要波段。因此,该地区的金矿化蚀变信息的提取难度非常大。

根据这个地区与金矿化有关的蚀变矿物组合特征和对TM图像“多元数据分析”的结果,选择TM1、4、5、7等4个波段做主成份分析,得到PC1、2、3、4等4个主成份图像。分析特征矩阵的载荷和主成份图像发现:PC1增强了金矿化蚀变信息,但是与第四系覆盖层和植被信息混杂在一起;PC2主要包含了植被信息;PC4主要为湿度(包含第四系湿土和水体)和热度(城镇、矿区、厂区等)信息。把PC1、2、4等主成份图像进行RGB彩色合成,得到的结果大部分为蚀变异常信息,也包括一些干扰信息(主要是第四系湿土和植被信息)。

通过对PC1、2、4等3个主成份图像进行算术、逻辑和分类处理,去除了一部分干扰信息,获得2幅新图像,记为PC(1,2)和PC(1,4)。其中,PC(1,2)包含了蚀变信息和第四系湿土干扰信息,PC(1,4)包括了蚀变信息和植被信息。

通过分析TM6(10.40~12.50 μm)波段发现,金矿化蚀变信息在这个波段上有较好的反映,但是明显受到热辐射信息的干扰。采用图像“分割”技术,剔除了热辐射信息的干扰,得到新图像TM(6,112)。

把PC(1,2)、PC(1,4)和TM(6,112)3幅图像RGB彩色合成,获得的彩色图像上蚀变信息很好地被提取了出来,干扰信息已基本上降到了最低。

对PC(1,2)和TM(6,112)进行“分类”和“彩色分割”处理,最后得到的蚀变异常图像非常清晰地突出了蚀变异常的位置,并反映出蚀变的强弱程度。

从蚀变异常图像上可以看出,研究区内金山—石碑—西蒋—八十源—下栏坞整个北东方向的金矿带的每个金矿床(点)的蚀变信息均被很好的提取了出来。其它蚀变异常点,如蛤蟆石、张家坂、港口、小港等都存在化探金异常。图像上那些没有化探金异常对应的蚀变异常点需要进一步查明和工作。

#### 4 结束语

几个应用区的研究结果表明:TM图像的7个波段包含着丰富的光谱信息,用于提取矿化蚀变信息是可行的,为成矿远景区预测和找矿区带的快速评价提供了简便、快速、有效的技术方法。上述方法的重要特点是:注意多种方法的有机结合,强调特征变量的选择,始终把干扰信息的剔除作为增强矿化蚀变信息的重要手段,通过层层剥离将矿化蚀变信息一步步从种种干扰中分离出来。

#### 参考文献

- 1 曲家惠译, H<sup>o</sup>丹尼尔等. 陆地卫星数据用于热液蚀变填图. 遥感与地质, 1990(1)
- 2 Alvaro P. Crosta 等(张义彬等译). 陆地卫星 TM 图像用于巴西中西部热液蚀变填图的评价. 黄金地质科技, 1993(4)
- 3 D. R. Gladwell, P. Lawrence M. Dancziger; The Application of Rapid, Semi-Quantitative clay Mineral Determination at the Cortez Gold Mine, Nevada. Proceedings of International symposium on Remote Sensing of Environment, Fourth Thematic Conference; "Remote Sensing for Exploration Geology" April 1~4, 1985
- 4 赵元洪等. 波段比值主成份复合在热液蚀变信息提取中的应用. 国土资源遥感, 1991(3)
- 5 马建文. 利用TM数据快速提取含矿蚀变方法研究. 遥感学报, 1997(3)
- 6 何国金等. 从TM图像中直接提取金矿化信息. 遥感技术与应用, 1995(3)
- 7 平仲良. 从陆地卫星TM数据提取胶东某地区某种类型金矿的围岩蚀变信息. 1993(4)
- 8 赵元洪等. 遥感图像专题信息提取新方法——定向变换和逻辑取与法研究. 环境遥感, 1994(4)

### EXTRACTION OF MINERALIZATION AND ALTERATION INFORMATION FROM REMOTE SENSING IMAGES

Zhang Yuanfei

Wu Jiansheng

( Guilin Institute of Geology for Mineral Resources, Guilin, 541004 ) ( Center of Remote Sensing for Geology, Yanjiao, 101601 )

**Abstract** The techniques about extraction of mineralization and alteration information from remote sensing images domestically and abroad are systematically introduced. On the basis of developing and deepening these methods, a new effective method, namely multivariate data analysis+ratio+PCA+Masking+slicing, is constructed. This new method has been successfully used in Xinjiang, Inner Mongolia, Jiangxi and Yunnan.

**Key words** TM wave spectral features; alteration information; image ratio; principal component analysis(PCA); image masking