

桃林铅锌矿田遥感数字处理图像地质构造解译及找矿有利地段选择*

蔡光顺 陈世益 彭恩生 徐则农

(中南工业大学地质系)

(湖南有色金属地质勘探236队)

1987年2月21日收稿

摘要

五十年代以来,中外许多地质工作者对桃林铅锌矿田进行过深入考察与研究,但对其控矿规律,尚存在不同认识。为探讨遥感技术的找矿效果,我们在前人工作的基础上,运用遥感数字处理图像,对该区的地质构造特征与找矿前景进行了研究,取得了较好的效果。研究区遥感图像计算机处理是在 S101 系统上进行的,内容包括几何纠正、彩色增强、反差增强、频率增强、代数运算增强和非监督分类等。采用了合成、比值、卷积、一维傅里叶变换、集群分类等十余种基本功能,获得图像 33 幅。通过数字处理图像地质构造解译,能够更明显地确定线性构造和环形构造,可以直观地了解断裂对成矿的控制特点,进而指出找矿有利地段,为成矿预测、矿产普查与勘探提供重要的参考资料。

桃林铅锌矿田位于湘东北,是我国著名的老矿山之一,开采历史悠久。五十年代以来,中外许多地质工作者对该矿田进行过深入考察与研究。但对其控矿规律,尚存在不同认识。我们运用陆地卫星数字处理图像,对该区地质构造特征与找矿前景进行了研究,目的是通过遥感数字处理图像,研究影像特征,进行地质构造解译和野外调查,找出成矿有利地段,提供成矿预测区。

一、区域地质概况

研究区跨两个一级大地构造单元,北面和南面分别属于中华洼地区和东南洼地区^[1]两者的界线大致在临湘以南至崇阳县的泉湖一线,呈东西走向,横贯全区(图 1)。

研究区出路地层主要有元古界冷家溪群 (ptin)、震旦—志留系 (Z—S)、白垩系—下第三系 (K—E) 和第四系 (Q)。

冷家溪群是研究区中最老的地层,构成古老褶皱基底,与上复震旦系不整合接触,厚度约 8500 米^[2]。岩性为变质砾岩、变质砂岩、砂质板岩、泥质板岩、绢云母千枚岩、绿泥石绢云母千枚岩等,属浅度区域变质岩系。在幕阜山岩体外接触带或其顶盖,因受到岩体热力接触变质和后期的动力变质作用叠加,变质程度加深,成为片岩类以至混合岩。该群岩石粗细交互成层,构成复理式韵律,部分层位还发育火山物质,属地槽期下部碎屑建造。

震旦—志留系: 见于临湘和新开塘向斜。震旦系以粗碎屑岩为主,下古生界以碳酸

* 本研究曾得到张九龄、左计生、王幼明、高光明等同志的帮助,谨致谢忱。

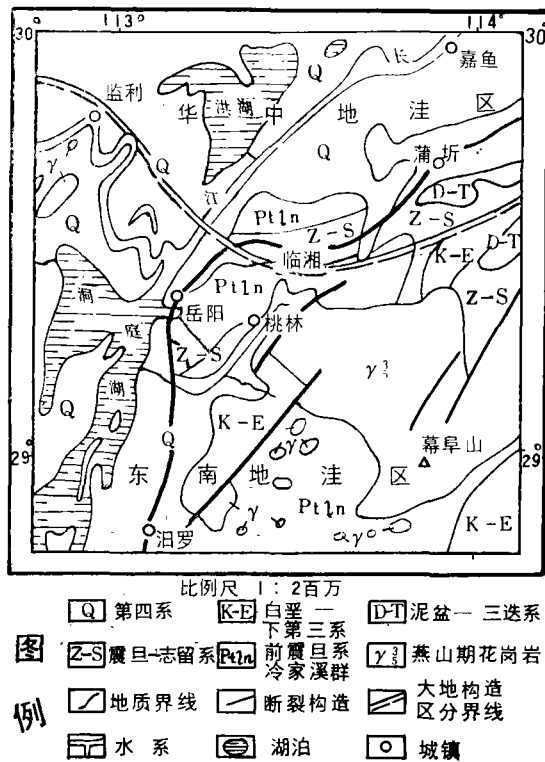


图 1 桃林铅锌矿田大地构造位置图

Fig. 1 Tectonic location map of the Taoling Pb-Zn orefield

盐岩和细碎屑岩为主。总的来说,沉积相倾向于地槽期上部碎屑建造。

白垩系一下第三系: 分布于忠防至乌江桥、白羊田一带,为紫红色砾岩和砂砾岩。砾石成分复杂,靠近花岗岩体地区,砾石中花岗岩成分增加。在忠防水库北面的溢洪道中见红层与冷家溪群不整合,不整合面被断裂错动,说明新构造变动存在。

第四系为松散沉积物。分布于不同的地貌位置,组成溪谷冲积平原、岗地等地形。

上述地层由于岩性特征,植被、地貌形态不同,在遥感图像中,具有完全不同的色彩和影纹,可以勾划出来。

研究区的侵入岩主要为幕阜山花岗岩体。这是一个多期次的复式岩体,周边发育众多的花岗伟晶岩脉。据区域资料,岩体同位素年龄数据为 108—162 百万年和 85—135 百万年两个期间,大致分属燕山早期和晚期。燕山早期侵入体由基性、中酸性的角闪岩、闪长岩、花岗闪长岩组成,主要分布于幕阜山岩体的北部,在假彩色合成图像中以均匀的浅色调为特征,说明较均一,经风化剥蚀呈现高差不大的丘陵地貌景观,有与晚期侵入体截然不同的影像特征,它具有椭圆形的轮廓,与围岩接触界线清晰,侵位特征明显。燕山晚期侵入体是幕阜山岩体的主体,在陆地卫星像片上可以直观地看出,岩体周边受北东东和北西两组断裂控制,呈长轴为北西方向的菱形大型岩基产出。岩石类型比较简单,除少许基性、碱性岩脉外,均为花岗岩。由于该期侵入体的气液作用强烈,热力接触变质作用和

动力变质作用叠加,遂使岩体本身,尤其是边缘部分和接触带的围岩,包括残留顶盖,形成一条条变质带或蚀变带、垄岗状正地形、断层残崖,构成一幅色调稍暗的垄链状图案。

区域性的褶皱构造发生于地槽构造层中,即冷家溪群和下古生界地层,形成于武陵—晋宁期和加里东期。断裂构造则遍布全区各时代地层。燕山期最为强烈。

研究区褶皱计有临湘向斜、火药姑倒转向斜、横铺扇形背斜、大云山背斜和新开塘向斜。这五个褶皱均为基底褶皱,构造方向北西至东西向。

区内断裂,按出现的时代以及与成矿的关系,大致可分为三类。第一类,东西向和西北向成矿前基底断裂,形成时代至迟是加里东期,甚至晋宁或武陵期,主要压性成分,如临湘南—泉湖一线反映两个一级构造区分界线的东西向断裂。幕阜山岩体南北两侧的北西向断裂,这类断裂后期活动又可归入成矿期断裂。第二类,北东东向成矿期断裂,如桃林断裂,这类断裂主要活动期是燕山期,有的在喜山期仍有活动。第三类,北北东和近北北向成矿后断裂。

上述构造在遥感图像上均能清晰地反映出来。

研究区已知矿床赋存于幕阜山岩体西缘的外接触带或内接触带,矿体沿断裂带分布,受断裂带控制。

二、数字图像处理方法及解译效果

研究区数字图像处理的基础图像系美国第 1 号陆地卫星于 1973 年 11 月 2 日扫描的平江幅 CCT 磁带数据,并作了几何校正,图幅轨道编号为 132—40。该图像无云,太阳高度角 31 度,干扰较小,图像清晰,地质信息比较丰富。数字图像处理是在 IPOS/101 交互式多用户数字图像处理系统(简称 S101 系统)上进行的。子区选择在具有地质意义的区段,子区范围为 512×512 个像元。面积约 1600 平方公里。

数字图像处理的内容包括几何校正、彩色增强、反差增强、频率增强、代数运算增强、非监督分类等。采用的基本功能有:合成、比值、加法、乘法、卷积、一维傅里叶变换、哈达姆变换、KL 变换、集群分类、比例拉伸、直方图均衡化、矩阵变换、跟踪球线性变换、放大、假彩色等十多种。获得图像 33 幅。这些图像与没有处理的黑白图像比较,信息量的差别是很大的,它对于提高和改善原图像质量,突出和增强某些地质信息,特别是地质构造信息有明显的效果。

(1) 多波段假彩色合成图像是地质解译工作和做其它功能图像处理的基础图像。这种图像色彩鲜艳,影像清晰,立体感强,岩性和构造解译效果均好。在 $MSS_1(R)$, $MSS_2(G)$, $MSS_3(B)$ 假彩色合成再比例拉伸的图像上(图版 I 图 2),水系为浅蓝色,河床为白色,第四系松散沉积物为肉红色,白垩—第三系红色砂砾岩为浅蓝—烟灰色,下古生界碎屑岩为条带状棕红色,冷家溪群浅变质岩为杂斑状棕红色,燕山期花岗岩为菱块状棕红色。后三种岩石因植被覆盖均呈棕红色,但根据影纹不同可将它们区分开。此外,下古生界与冷家溪群不整合界线,区内主要褶皱和断裂位置,岩体与围岩界线等,在图像上也可以识别出来。

(2) 不同比值组合的假彩色合成图像,比多波段假彩色合成图像的信息内容更丰富。

它对水体、岩性、构造等方面的解译效果更好。但几种不同比值组合的假彩色合成图像,其效果是不同的。这次数字处理,采用了 13 种不同比值的假彩色合成。其中 5/4, 6/4, 7/4 假彩色合成再比例拉伸图像, 4+5, 5+7, 6+4 假彩色合成再比例拉伸图像, 5 波段对数变换, 7 和 4 波段比例拉伸再假彩色合成图像(图版 I 图 3), 4×5, 5×6, 6×7 假彩色合成再直方图均衡化图像,效果较好。

(3) 用不同的模板在多波段假彩色合成图像的基础上作卷积,对突出具有灰度变化的某种方向线性边缘或增强环形影像特征,具有较好的效果。

为了识别不同方向的断裂构造及其组合特征,在图像处理中可采用滤波技术,即在 7,5,4 波段假彩色合成的基础上采用

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & -1 \\ 1 & 0 & -1 \\ 1 & 0 & -1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -1 & -1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & -1 \\ -1 & -1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} -1 & -1 & 0 \\ 1 & 0 & -1 \\ 0 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

模板进行卷积运算,目的在于发现南北、东西、北西、北东向断裂构造,定向滤波的效果见图版 I 图 4。

为了增强环形影像的形态、规模及环带的分布,在图像处理中采用拉普拉斯算法进行边缘增强,即在 7,5,4 波段假彩色合成的基础上采用

$$\begin{bmatrix} -1 & -1 & -1 \\ -1 & 12 & -1 \\ -1 & -1 & -1 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} -3 & -3 & -5 \\ -3 & 1 & 5 \\ -3 & 5 & 5 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} 5 & 5 & 5 \\ -3 & 8 & -3 \\ -3 & -3 & -3 \end{bmatrix}, \\ \begin{bmatrix} 2 & 1 & 2 \\ 1 & 4 & 1 \\ 2 & 1 & 2 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} -1 & -1 & -1 \\ -1 & 8 & -1 \\ -1 & -1 & -1 \end{bmatrix}$$

模板进行卷积运算,效果较好,其中

$$\begin{bmatrix} -3 & -3 & -5 \\ -3 & 1 & 5 \\ -3 & 5 & 5 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} 5 & 5 & 5 \\ -3 & 8 & -3 \\ -3 & -3 & -3 \end{bmatrix}$$

两种模板对突出环形影像效果更佳。边缘增强的效果见图版 I 图 5。

(4) 其它图像在改善图像解译条件,提高信息分辨能力上也有一定的作用。如一维傅里叶变换图像对突出线性构造、KL 变换图像对区分岩性、对数变换图像对增强某些景观要素或地质体均有显著效果。

三、地质构造解译

陆地卫星图像视域广,概括性强,连续性好,地面分辨率适中,能客观地反映地表地质构造信息,对覆盖严重,地表工作不易识别的某些隐伏构造或深部构造,有时在遥感图像上也能得到一定程度的显示。因此,利用遥感图像进行地质构造解译,具有较突出的效果。通过 S101 系统处理的数字图像对地质构造的解译效果更明显。

现将本区线性构造和环形构造的解译概述如下。

1. 线性构造解译标志

这里所指的线性构造主要为断裂构造。断裂构造的线性影像具有平直或微弯的直线状形态特征。这种形态特征多半通过图像上的色调深浅,地貌形态,影纹图案表现出来,本区线性构造的解译标志有:

(1) 断层崖和断层三角面呈直线或平滑的曲线延伸,如桃林断裂,在影像上可以看到六、七个连续或断续的断层三角面呈北东东方向延伸。

(2) 断层破碎带沿一个方向时隐时现,断断续续地出现,如柳厂断裂,走向 310° — 330° ,沿线岩层产状紊乱,岩石破碎,构造角砾岩、透镜体、硅化带广泛发育,从影像可以见到一条北西向断续延伸的暗色条带。

(3) 地质体被切断或错开的现象,如轴向为北西的新开塘向斜及地层不整合线被北东东向、北北东向断层切断或错开。北东东向桃林断裂及与其平行的断裂,沿线切断冷家溪群浅变质岩、白垩—第三系红层及燕山期花岗岩,同时,它们又被几条北北东向的断裂切断和错开,形成菱形岩块。

(4) 呈直线或曲线状延伸的色调异常线或异常带和色调界面。如研究区西北部暗色影像区出现的北西向异常线和由地形的阴影组成的色调更暗的北东东向色调异常带,南部白垩—第三系红色砂砾岩分布区一组平行的呈北东东向延伸的色调异常界面。

(5) 两种截然不同的地貌景观之间呈直线或平滑的曲线相接,如桃林断裂、柳厂断裂、公田断裂。

(6) 呈线性延伸的负地形,如研究区东部燕山期花岗岩中的北东东、北北东、近南北的断层谷,研究区北部冷家溪群浅变质岩中的近东西向的断裂。

(7) 水系呈直线状和折线状或呈角状拐弯。如油港河局部地段呈北东东向直线状,受北东东向隐伏断裂控制。新墙河局部地段为北东东和北西向的折线状,受北东东和北西两组断裂控制。

上述标志中,凡属控制水系和现代构造地貌者,表明近期仍具有活动性。判断断裂的形成时代和活动顺序主要根据断裂切过的地层、断裂之间的错动或限制关系,控制岩体的分布或切断岩体等。

2. 线性构造解译

根据上述解译标志,在解译图上划出了东西向、北西向、北东东向、北北东向和南北向五组断裂(图 6)。

东西向断裂: 主要出现于临湘向斜和幕阜山岩体之间,大致在九宿山附近呈近东西向延伸。属基底断裂,其深度较大,开始活动时代最迟为早古生代加里东构造期。

北西向断裂: 区内有三组,幕阜山岩体南北边缘各一条,南面一条为柳厂断裂,北面一条为占家桥断裂,另一条出现于横铺附近,称横铺断裂,走向 310° 左右。从其与同方向的褶皱相伴随,以及控制幕阜山岩体的边界来看,该断裂在中生代以前已经存在,可能是基底断裂。中生代又重新活动。这组断裂延伸长,规模大。沿断裂、破碎带、片麻岩带发育。早期为压性或压剪性,晚期为张性和张剪性。在柳厂断裂中有铀、铅锌矿化,是一条与成矿作用紧密相关的断裂。而占家桥断裂是从遥感图像解译出来的。沿断裂带可以清晰地看到一系列断层线崖和片岩化带分布。断裂带表现为线性负地形(断谷),断层北侧

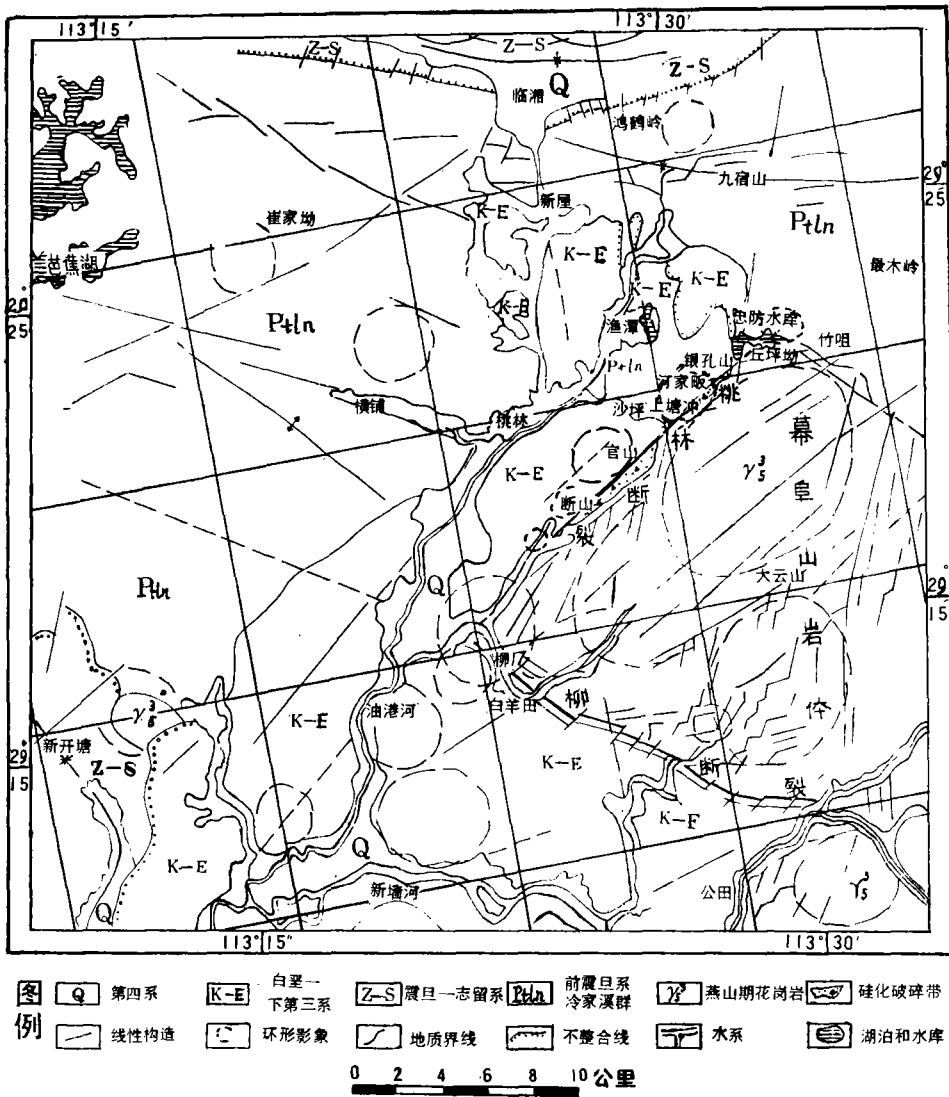


图6 桃林铅锌矿田遥感图像地质构造解译图

Fig. 6 Application of landsat images to interpreted geological structure in Taoling Pb-Zn orefield

为陡崖。

北东东向断裂：走向北东 55° 左右。主要分布于研究区中部。从西到东有新开塘—渔潭断裂、桃林断裂、大云山西侧断裂、大云山东侧断裂，稍出图区还有一条剪切特征十分明显的保定关断裂。除桃林断裂有地质记载外，其余均为遥感图像解译出来的。

桃林断裂全长约 15 公里，是一条控岩、控矿，同时又是容矿的断裂。在遥感图像上，断裂特征一目了然，呈波状的断面和强烈的地形反差，几乎沿线均可见及。在数字处理图像上，几个矿体(区)的硅化带和蚀变带均可以解译出来。大云山东西两侧两条断裂的表现特征与桃林断裂类似。断层线舒缓波状，有一系列陡崖，可能有硅化带。新开塘—渔潭断裂是一条推测断裂。

北北东向断裂: 包括公田断裂的一组北北东向断裂, 形成时代较新。它的成矿作用值得深入研究。

南北向断裂: 在研究区中隐约见于临湘至白羊田一线, 一些现代水系呈南北向延伸。为一条活动时代最晚的断裂。

根据解译结果, 这五组断裂的活动顺序, 最老是东西向和北西向, 其次是北东东向, 最新为北北东和南北向。其中北西向和北东东向断裂通常表现为多期次断裂, 直至中生代仍具有活动性。

3. 环形构造影像

环形影像是从遥感图像上发现的与线性构造一样明显的另一种特征, 它表现为圆形, 近圆形和椭圆的影像, 大小不一, 其成因众说纷纭。与地质作用有关或受地质构造控制的环形影像, 叫环形构造。研究区有大小环形影像十多个, 直径最大的为 10 公里, 最小的为 1.5 公里, 它们多在两组或两组以上线性构造相交部位出现, 多与岩体侵入有关, 多呈北东东或北西方向展布, 与成矿可能有一定关系, 由于我们对它的形成机制研究不够, 有待今后进一步工作。

四、从遥感图像看本区找矿方向

桃林铅锌矿田及外围地区的地质研究程度较高, 投入的研究手段也较齐全。成矿作用的控制因素已经有一个比较成熟的看法。但随着工作的深入及新技术方法的使用, 出现了一些新的认识和分歧。看法的分歧, 导致对成矿预测和找矿有利地段选择的不同。下面我们着重从遥感角度谈谈对成矿预测或选择找矿有利地段的认识。

在各类遥感图像中可以看到, 燕山期活动或重新活动的北东东向桃林断裂和北西向柳厂断裂, 对岩浆活动和成矿有明显的控制作用, 这两条断裂的两侧, 一侧为侵入岩, 一侧为中、新生代红色岩层、或为元古代老地层, 国内外有些学者把这样的断裂称之为上叠式构造。上叠式构造通常与中、新生代陆源岩盆地一起出现, 控制着陆相(断陷)盆地的分布, 它与基底构造不协调, 是地壳经过相当长的平静的地台阶段之后出现的新型构造型式。被这种上叠构造所控制的萤石矿床或铅锌矿床, 国内外实例甚多。桃林断裂和柳厂断裂均为上叠构造。这两条断裂在交汇处不是交叉、错动, 而是呈弧形连接, 地表的蚀变带也呈弧形拐弯, 因此这两条断裂可能是同一条, 至少活动期相同。

关于幕阜山岩体, 从遥感图像可以直观地看出下列特点。第一, 岩体的产出与褶皱的关系不十分明显, 而与断裂的关系密切。第二, 不同期岩体的分布出现方向性, 说明受断裂的控制, 断裂的多次活动导致花岗岩的多次侵位。第三, 岩体常以断裂为界线, 或在靠近断裂带出现强烈的动力变质作用, 说明断裂不仅控制岩体的形成, 而且在岩体形成以后, 断裂仍在继续活动, 幕阜山岩体的西缘和南缘, 随着断裂的性质演化和发展, 逐步变成蚀变带和角砾岩化含矿带, 并且, 基本上都赋存有矿体和矿化现象, 在有些地段无矿, 这可能是由于后期断裂错动的结果。综上所述, 从遥感图像上分析, 结合区域成矿地质条件和物化探资料, 最后圈定邱坪坳以东、沙坪、断山之西南、柳厂以西、白羊田、公田、大云山东西两侧断裂、鸿鹤岭、崔家坳、新开塘等处为有望找矿远景区。

邱坪坳以东至竹嘴,从影像上看是北西和北东东向断裂的交汇点,在花岗岩体外接触带或蚀变带中见有方铅矿化,在其附近还有钨、金重砂异常。

沙坪、断山西南,影像上可见残存的蚀变带,地表有锌次生晕异常,钨、金重砂异常。

沿柳厂断裂有星散的蚀变带影像特征,白羊田和公田两点是北西、北北东或北东东向断裂的交汇点,白羊田附近有铅次生晕异常,公田附近有重晶石脉,方铅矿化和铀矿化。

大云山东西两侧断裂与桃林断裂平行,影像上的表现特征也与桃林断裂类似,可能有硅化带和角砾岩化含矿带。

鸿鹤岭至崔家坳是一条北东东向的正地形影像,可能是一条硅化带,东端的鸿鹤岭铅、锌次生晕异常集中,西端的崔家坳是一个钨矿点,在其附近有钨、金重砂异常。

新开塘附近从影像上看似有北东东向隐伏断裂,在附近又有岩体和铅、锌次生晕异常。

参 考 文 献

- [1] 陈国达,成矿构造研究法,第二版,291—292页,地质出版社,1985年。
[2] 阎廉泉,湖南桃林铅锌矿床地质初步研究,地质论评,17(3),1957。

INTERPRETATION OF GEOLOGICAL STRUCTURE AND THE CHOICE OF FAVORABLE ORE-FINDING AREA WITH REMOTE SENSING DIGITAL PROCESSING IMAGE IN TAOLING Pb-Zn OREFIELD

Cai Cuangshun, Chen Shiyi, Pen Ensheng

(Department of Geology, Central South University of Technology)

Xu Zenong

(Team No. 236, Non-ferrous Metal Geological Exploration Company, Hunan Province)

Abstract

Taoling Pb-Zn orefield was thoroughly investigated by many geologists since 1950's. However, there are many different ideas about the ore-controlling regularity. In order to probe the effectiveness of ore-finding with the remote sensing technique, based on predecessors' work, the studies on the characteristics of the geological structures and ore-finding prospects, have been made with the aid of the digital processing images of remote sensing, and a good result have been achieved.

The processing of images was carried out in the IPOS/101 computer. The processing contents include geometric restoration and correction, colour enhancement, contrast stretching, frequency enhancement, algebraic calculational enhancement and non-controlling classification, etc.. More than 10 methods, compound, ratio, convolve, fourier transform, cluster analysis, were adopted, and 33 images were obtained.

By the interpretation of digital processing images, the linear and circular structures can be obviously determined, the ore-controlling characteristics of faults can be intuitively found, and the favorable ore-finding areas can be located. All of these provide some important referential information about exploration for minerals.

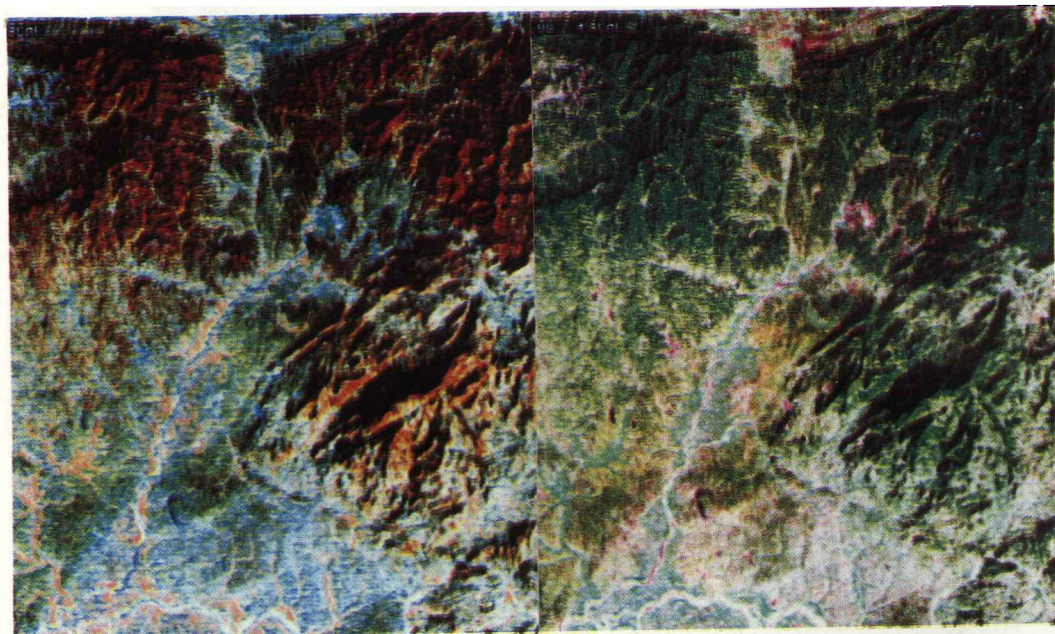


图 2 7,5,4 波段假彩色合成图像

图 3 5 波段对数变换、7 和 4 波段比例拉伸，再假彩色合成图像

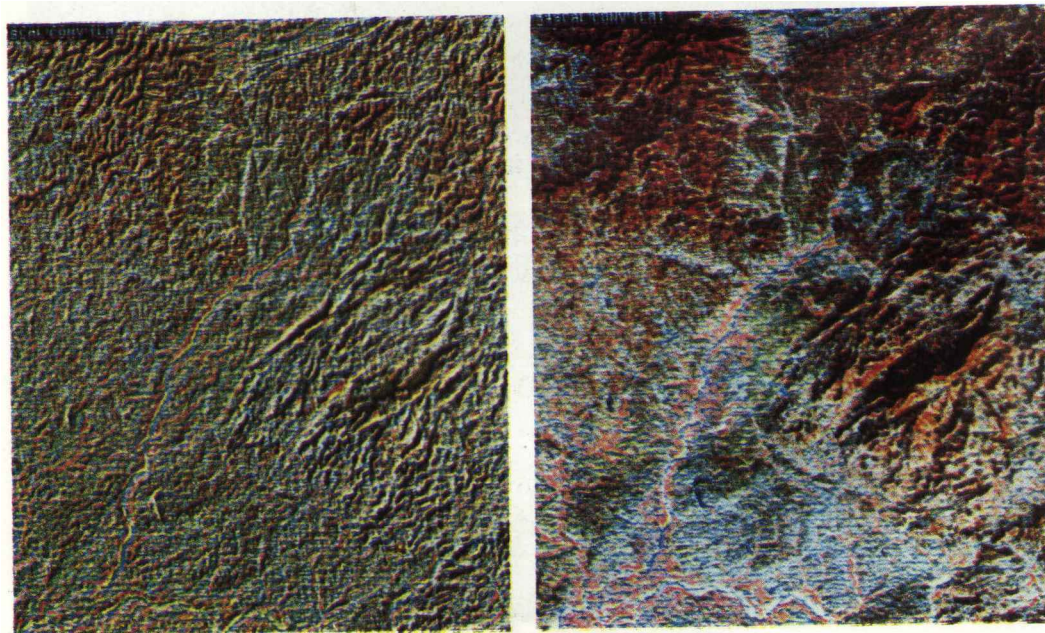


图 4 定向滤波图像

图 5 边缘增强图像