

湘赣粤环形构造的影象分析 及其找矿应用意义探讨

王海平

(中国地质科学院矿床地质研究所)

一、引言

卫星影象上除大量直观的线状信息外,还有许多大小不等、形态各异的环状信息。

湘赣粤三省交界处,在各种比例尺的卫片上就存在一个完整的环状影象,作者将此称为湘赣粤环形。这种由多种构造形式按一定的组合规律所结成的统一体,往往不易为常规地质方法所发现。湘赣粤环形区内沉积地层发育,除志留系、泥盆系、中一下三叠统和中一下侏罗统外,从震旦系到第四系均有分布。据其影象特征及其建造类型可划分成三大沉积组合:第一沉积组合为一套巨厚的地槽型泥砂质复理石、类复理石建造,夹碳酸盐岩建造和火山—火山碎屑岩建造,时代为Z—O;第二沉积组合为地台型或过渡型的陆相—浅海相砂页岩及碳酸盐岩建造,夹含煤建造,该建造呈高角度不整合覆盖在第一沉积组合之上,其时代为D₂—T₃;第三沉积组合为一套河湖相碎屑岩建造和火山—火山碎屑岩建造,时代为K₁—Q(图1)。

笔者在分析该区各类地质资料的基础上,运用不同比例的卫片并辅以重点地区的计算机处理,采用构造与沉积作用、变质作用、岩浆活动的组合分析方法及影象的信息相关分析,研究了该区的地质构造特征、南岭压性构造带^[1]与花岗岩的关系以及环形构造在寻找钨锡矿床方面的应用效果。在重点地区,笔者用不同的模板,不同的波段比值组合,典型靶区的选择与分类,从所获得的各类图象提取出了大量的中小型、小型环状信息以及与钨锡矿化有关的彩色异常,为区内找矿远景区的预测,依“环”找“盲”提出了一定的影象依据。

二、湘赣粤环形的地质构造特征的影象分析

湘赣粤环形构造在卫片上为一卵圆形,呈不同色、形的影纹一圈一圈迭置。其主体由三大圈层组成,中心在赣南的麟潭镇。环形主体的外围还存在一外圈层。该外圈层被南岭压性带分割成北西和南东两段弧。北西弧由永兴—茶陵中生代盆地组成,南东弧则由南雄、池江、赣州、兴国等中生代盆地呈边幕状侧列而成,其东侧是下古生代地层组成的弧状影象(图2)。

1. 环形构造与线性构造

湘赣粤环形的主体位于南岭压性构造带与赣南的大余—池江断裂之间。万安—遂川断裂就是南岭压性带中段的一种构造形式。该断裂往东北方向可通过钱塘江口,往西南方向可达十万大山麓。元古代末它可能已具雏形,与北西向断裂组成一对共轭裂面。它的形成和演化对华南加里东地槽的沉积起了重要的控制作用。早古生代,该断裂显示出继承性活动,控制了赣南寒武系岩相的变化,表现为东南盘抬升,北西盘

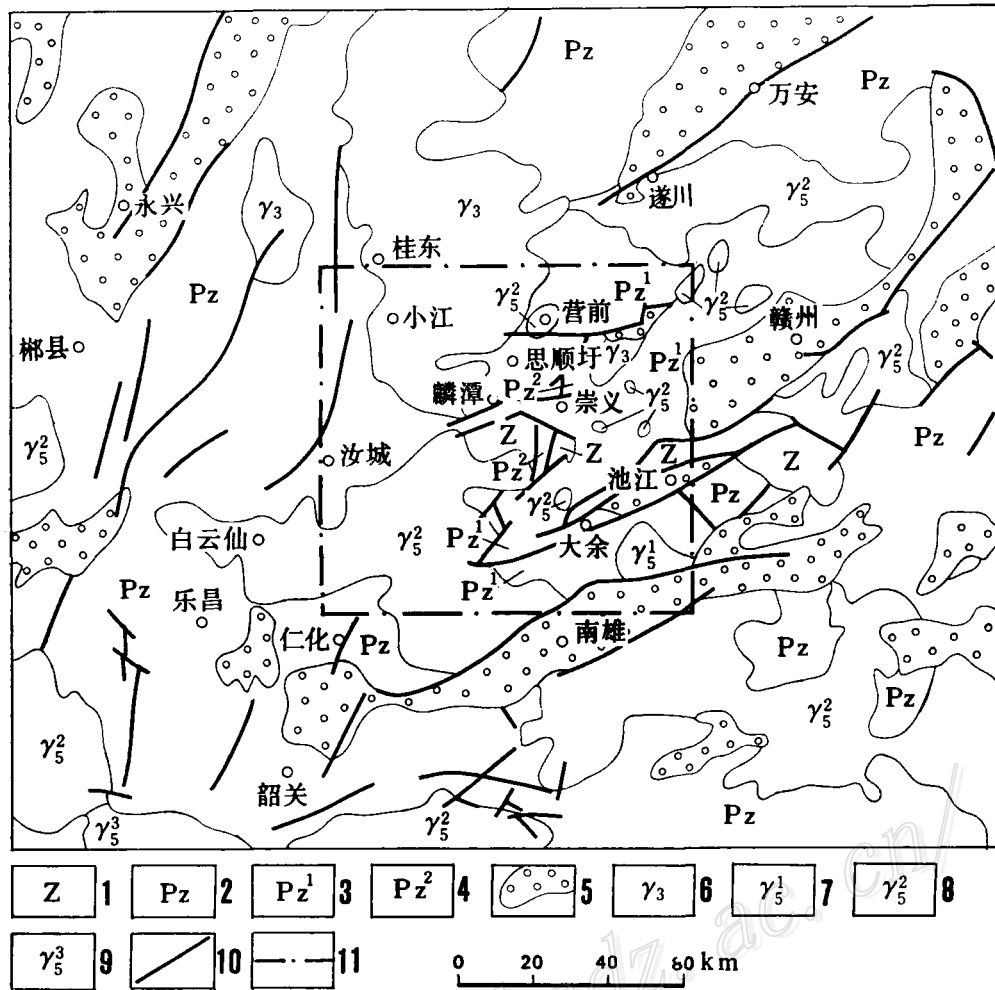


图1 环形构造区地质略图

1—震旦系；2—古生代沉积盖层；3—加里东期沉积盖层；4—海西期沉积盖层；5—中生代盆地；6—加里东期花岗岩；7—印支期花岗岩；8—燕山早期花岗岩；9—燕山晚期花岗岩；10—实测断层；11—图象处理区界线

Fig. 1. Schematic geological map of the circular structure area.

1—Sinian; 2—Paleozoic sediments; 3—covering strata of Caledonian period; 4—covering strata of Hercynian period; 5—Mesozoic and Cenozoic basin; 6—granite of Caledonian; 7—granite of Indosinian; 8—granite of early Yenshanian; 9—granite of late Yenshanian; 10—surveyed fault; 11—boundary of image processing.

下降^①。晚古生代断裂活动相对微弱。中生代断裂活动又加强，并愈演愈烈，白垩纪末达到高潮。白垩纪断裂带多为压扭性的逆断层，两侧形成的次级构造和旋扭构造足以反映其左行扭动。如营前岩体北部的帚状构造（图3），断裂南盘的晚古生代地层的弧形弯曲等皆是有力的佐证。白垩纪时，地槽底部的岩石在压扭性断裂剧烈活动时，形成重熔再生岩浆。万安—遂川断裂强烈左行扭动之后，在构造的相对平静期，重熔岩浆沿地壳薄弱部上涌，与区域应力相呼应迫使湘赣粤环形西部的北北东向断裂打开，形成永兴—茶陵盆地内的白垩纪陆相碎屑堆积。其东南部的北东向断裂扩张，伴随有大量白垩纪陆相碎屑堆积，形成南雄、池江、赣州和兴国等呈边幕状排列的弧形中生代盆地。当重熔岩浆上侵到地壳浅层时，岩浆顶部便有一

① 江西省重工业局1969年“赣州幅区域地质调查报告”。

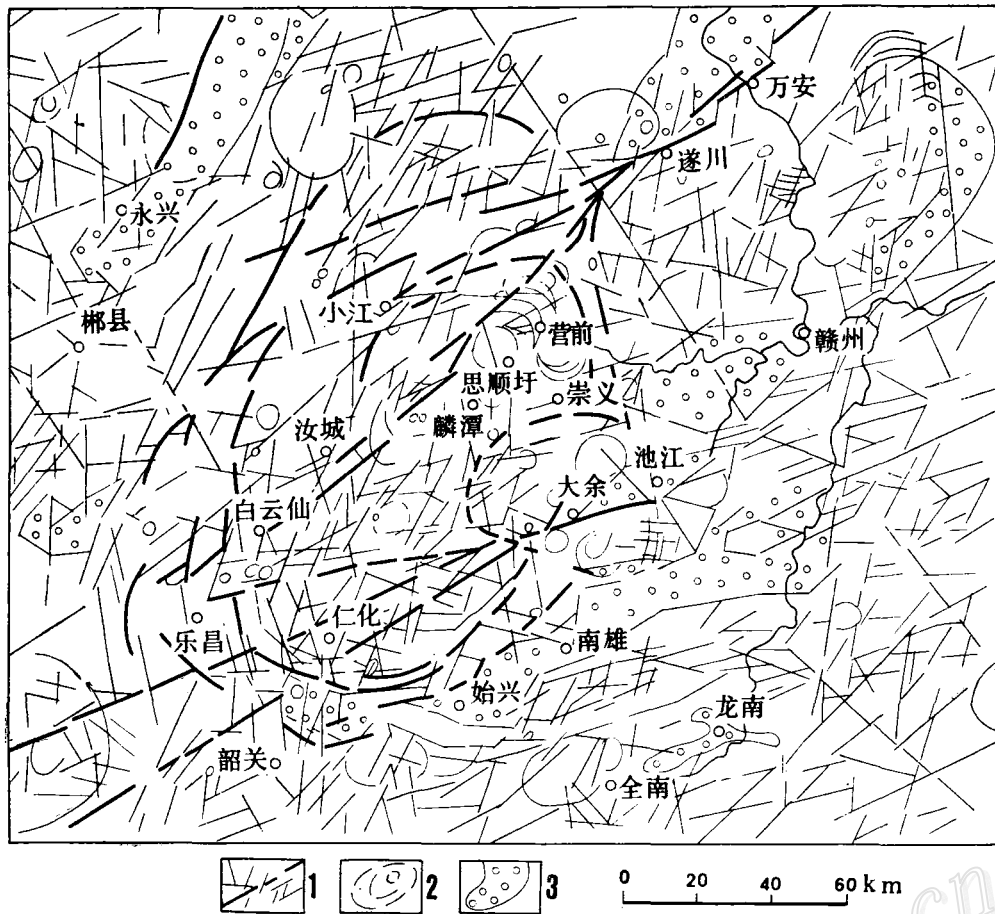


图 2 环形构造区的卫片解译图

1—线性构造；2—环形构造；3—中生代盆地

Fig. 2. Interpretation map of landsat image for circular structure area.

1—linear structure; 2—circular structure; 3—Mesozoic and Cenozoic basin.

巨大的面状举力存在。该力利用已形成的万安-遂川断裂与大余-池江断裂的部分次级构造形迹，并将其改造成湘赣粤环形主体的西北弧与东南弧。湘赣粤环形的西南和东北方向的弧形影象则是改造北北东向和北西向线性构造而成的。上述四种弧形形迹形成大致均匀分布的同心弧状构造群，与重熔岩浆的上涌相映证。因此，包括外围层在内的湘赣粤环形构造，可能就是其下岩浆房的地面表现形式（图4）。

局部图象经比值彩色增强后，提取出大量的中小型环状影象。这些中小环状构造明显受线性构造控制，区内至少有北北东、北东和北东东三条控环带存在。北北东向带位于汝城上古生代褶皱区的西界，控制小江、白云仙环形带的分布。北东向的万安-遂川断裂带控制了营前、思顺圩等环形群，同时它还严格地控制了一条规模相近、环缘相切的环链（图5）。北东东向的大余-池江断裂则控制了仁化盆地北侧、池江盆地西北侧的环状影象分布。

2. 环形构造与岩浆岩

岩浆岩所显示出的环形构造在卫片上是屡见不鲜的^①。我国南岭地区即如此。

湘赣粤环形之下的隐伏岩浆房，至少有两次周期性岩浆活动。第一次在早古生代，当万安-遂川断裂以

① 地质矿产部情报所1978年“地球的环境构造”。



图3 营前岩体北部的帚状构造
Fig. 3. Plan showing broom-like structures in the north of the Yingqian granite body.

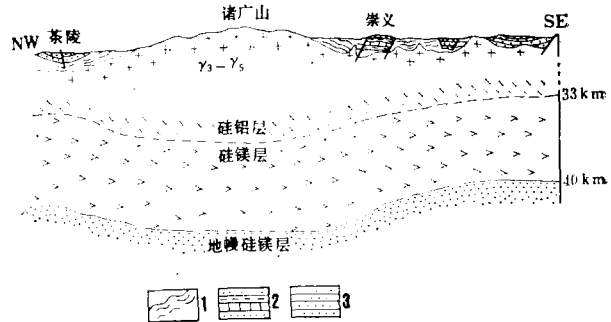


图4 环形构造区地壳构造示意图
1—加里东期沉积盖层; 2—海西期沉积盖层; 3—中生代盖层
Fig. 4. Diagrammatic section showing crustal structure of the circular structure area.
1—covering strata of Caledonian period; 2—covering strata of Hercynian period; 3—Mesozoic and Cenozoic sediments.

升降运动为主时, 伴有一次沿南北向构造侵入的岩浆活动。第二次主要在三叠纪至白垩纪, 这一次岩浆活动的范围大, 波及面广。之后, 大规模的岩浆活动基本上趋于平息。环形构造内的岩体主要是加里东期和燕山期的。前者多呈岩基状, 后者多呈岩株状和岩瘤状。岩浆活动的不平衡性, 造成了其侵位的不平衡, 表现为东高西低, 侵蚀深度则西深东浅。东部的岩株、岩瘤等小侵入体的根部与西部的诸广山岩基互相连通组成一巨大的复式岩基(图4)。

湘赣粤环形内的小侵入体, 卫片上多表现为较规则的环状, 但多数环形的形态、规模与实地岩体不尽一致(如营前环形)。这表明卫片上许多小环形构造有些可能是侵入的岩株、岩瘤、岩墙群等形成的热变质岩相带的波谱效应记录。万安-遂川断裂带上的链环(图5), 前人的地质资料上并没有岩石的差异性表示, 卫片上却表现出一链状的环形影象, 可能就是这种情况。

湘赣粤环形与四周地质体的波谱特征、影纹类型等的差异甚小, 仅以其特征的环状影象突兀于南岭群峰之中。华南还存在这一类型的环形影象, 但无论从其形态、规模或其它解释标志, 湘赣粤环形皆不失为它们的典型。在华南, 它代表了一类硅铝壳重熔的花岗岩岩基形成的环形构造。

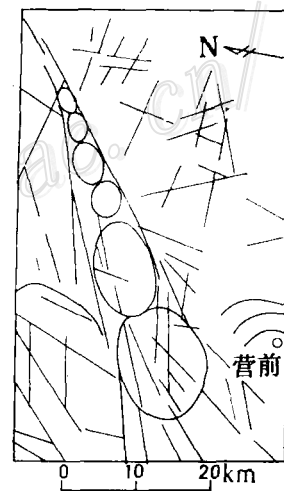


图5 营前西北部的环链
Fig. 5. Plan showing circular chain in the northwest of Yingqian.

三、环形影象在找矿应用中的效果探讨

湘赣粤环形区内, 已知的钨锡矿床和矿化点有400多个, 就其与环形构造的分布关系, 大致可分为两大类。一类多分布在环形影象边缘, 如营前环四周的钨矿床, 西华山钨矿区也位于一半隐半显的环形影象的

西南缘;另一类则分布在有明显的线性构造穿越的环形构造内,如长流坑下钨矿,及大余-池江断裂横穿湘赣粤环形南端所出现的一系列钨锡矿床。

赣南的环形与钨的扩散晕有关。据统计有41%的环形与扩散晕重叠,15%的环形与扩散晕半重叠,此外还有18%的环形在距其边界2.5km内有扩散晕出现,环形常出现在地势较高处(源头)^②。

湘赣粤环形的研究表明,多数钨矿床分布在不同级别的环形构造边缘,并与环形中的线性构造关系密切。这一现象并非巧合。环形构造的边缘是地壳薄弱区,易形成含矿溶液的通道和聚集空间。而环形构造下部岩体的热动力环境促使元素有较高的活动能力,成矿元素便可活化转移富集成矿。

1. 钨锡矿化有关的信息增强和提取

(1) 比值组合波段的选择及信息特征增强

研究区的地质研究程度较高,地质构造复杂,植被发育,先做比值预处理后再进行图象增强,其效果会更好。所谓比值处理,实则作为一种计算机的代数运算^①,常用以下表达式:

$$C(x, y) = A(x, y) \pm B(x, y) \quad (1) \quad (2)$$

$$C(x, y) = A(x, y) \times B(x, y) \quad (3)$$

$$C(x, y) = A(x, y) / B(x, y) \quad (4)$$

式中 $A(x, y)$ 、 $B(x, y)$ 为输入图象, $C(x, y)$ 为输出图象。

图象的代数运算就是把二幅以上的输入图象,对应地逐个象元进行和、差、积、商的四则运算。若将上述方程式适当组合,还可形成复代数方程运算。如 $D(x, y) = 1/[A(x, y) + B(x, y) + C(x, y)]$ 。不同的代数运算使输出图象产生不同的增强效果。比值处理,即把不同波段的同名点亮度值相除。

要达预期的目的,首先须排除植被的干扰,其关键在于比值波段的选择。若所选择的波段合适,则植被

的光谱积分反射率之差最大,其产生的干扰易排除。从图6可知,选择 MSS_5/MSS_7 的比值组合,可望达此目的。该区内的钨锡矿床和矿化点多与中小型岩体有关,因此选择这种比值组合方案,可将照度、植被对反射率的干扰作为常量约去,而把小岩体的光谱特征突出出来。F.F. Sabins认为 MSS_5 和 MSS_7 的比值图象与照度无关,使比值图象显示出相似的光谱记录^[5]。该区沟谷纵横,密织成网,黑白卫片上的阴影面积大,故可采纳此方案尽量消除阴影干扰。我们还选用 MSS_5/MSS_7 的比值组合来突出水系格局,以推断和突出显露的或隐晦的构造信息,用 MSS_5/MSS_7 、 MSS_5/MSS_4 、 MSS_4/MSS_7 三种比值组合方案,然后分别用 B_{514} 、 G_{517} 和 R_{417} 进行彩色合成,把各地质体间的反射能量差异变成片基的透过率差异,最后在合成图象上显示出来。用上述三种比值组合所合成的彩色影象,虽然某些通道的信息受到限制,但所得到的新分辨率似乎形成一高空噪音滤波器,压抑了植被的干扰,扩大了岩体和小型环状构造与周围地质体的光谱差异,使大量的中心型环状构造得到增强,并显示出与钨锡矿化有关的浅蓝绿色异常(图7)。

图6 植物室内反射光谱
(据方有清, 1976)

Fig. 6. Diagram showing reflection spectra of different plants in laboratory.

(2) 信息提取

人眼在 $0.47\mu m-0.51\mu m$ 和 $0.58\mu m-0.62\mu m$ 两波长范围内,可分辨 $\Delta\lambda = 0.1n$ 的色差。在上述两域外,人眼分辨色差的灵敏度为 $\Delta\lambda = 6n$,这说明对一些信息几乎没有反映。而这些信息中,有些则对我们是很有用的。卫片信息的分类问题,就是据地物波谱在波谱空间中的聚集位置判定其类别,从而把一些重要的信

① 据钟南昌1982年“江西南部与脉钨矿相关的环形影象”。

② 美国斯坦夫公司IP0S/101图象处理操作系统。

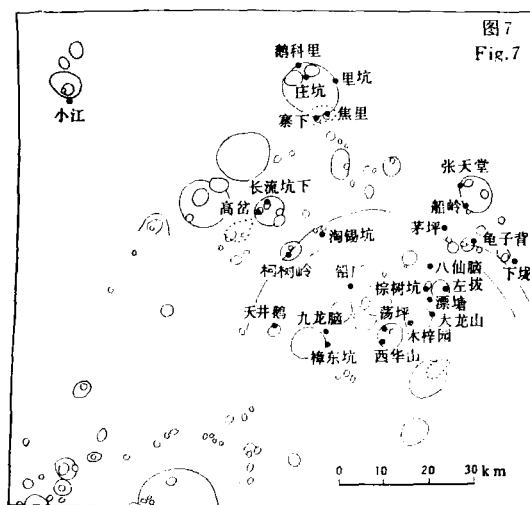


图7 比值彩色图象提取的环状信息及矿点分布图

1—比值彩色图象提取出的环状信息；2—比值彩色图象提取出的弧状信息；3—矿点的位置及名称；4—与钨锡矿化有关的比值彩色异常

Fig. 7. Circular information extracted by colorful ratio image and distribution of ore occurrences.

1—circular information extracted by colorful ratio image; 2—arc information extracted by colorful ratio image; 3—site of ore occurrence and its name; 4—colorful ratio anomaly related to tungsten and tin mineralizations.

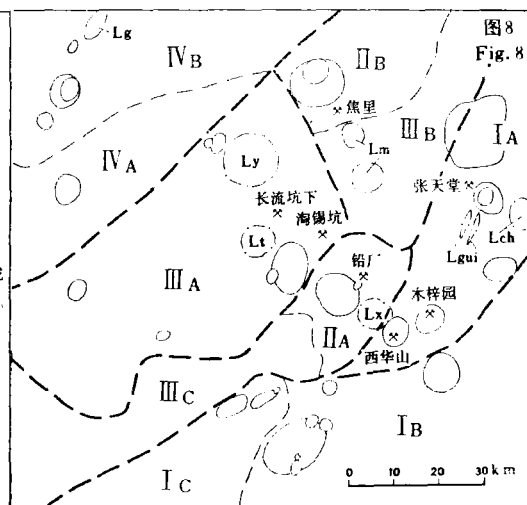


图8 监督分类的影象分区及色形异常的显示

1—一级影象区界线及编号；2—二级影象区界线及编号；3—监督分类后显示的色环；4—检测出的色形异常区；5—与对应靶区相似的影象区；6—矿床位置

Fig. 8. Image division of monitor classification and display of color anomaly.

1—boundary of Grade I image district; 2—boundary of Grade II image district; 3—chromatic circle displayed after monitor classification; 4—identified color anomaly district; 5—image district similar to corresponding target area; 6—site of ore deposit.

息提取出来。鉴于研究区的地质特征，我们用最小距离法来进行分类。最小距离法亦属一种监督分类。我们选择19个钨锡矿区为训练靶，以它们的光谱特性 $\mathcal{Q}_x(\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_n)$ 为已知数，并确定其位置参数（均值、标准差、离散度等）。

设： $|x - \bar{x}_K|$ 表待分类目标 x 与第 K 类的均值距离。

$$\text{定义：} |x - \bar{x}_K|^2 = \sqrt{(x - \bar{x}_K)^T (x - \bar{x}_K)}$$

式中 T 为向量的转置运算符号

$$\begin{aligned} \text{则：} |x - \bar{x}_K|^2 &= (x - \bar{x}_K)^T (x - \bar{x}_K) \\ &= x^T x + \bar{x}_K^T \bar{x}_K - x^T \bar{x}_K - \bar{x}_K^T x \end{aligned}$$

$\therefore x^T x$ 项与 K 无关，若用 $D(x)$ 示最小距离判别函数，那么

$$D(x) = |x - \bar{x}_K|^2 = x^T x - x^T \bar{x}_K - \bar{x}_K^T x + \bar{x}_K^T \bar{x}_K$$

分类时，算有一系列 $D(x)$ 值，取其最小值 $D_K(x)$ 。若 $D_K(x)$ 在其阈值范围内，且待分类目标 x 在各通道数据中的统计特征参数与某一训练靶的特征参数的距离最小。即 $|x - \bar{x}_K|$ 最小，则 $x \in \omega_K$ 。

用最小距离法分类后，提取出了一定的岩石特性信息、中小型环状信息及与钨锡矿化有关的具层次的天蓝色异常（图8）。

（3）效果

经图象增强与信息提取后,新图象显示出110个环形影象。其中直径10km以上的环形7个,4—10km的环形39个,4km以下的环形64个(图8),其中65%是黑白卫片上没有显示的。同时还区分出7个与钨锡矿化有关的色形异常(表1)。笔者据监督分类后的图象特征,把区内分成4个影象区和10个次级影象区(表2)。

区内检测出的7个与矿化有关的色形异常可归纳为三种类型。即木梓园型(包括陡山水库南支、船岭东和龟子背北北东的色形异常)、西华山型(包括崇义南、汝城北东和柯树岭西的色形异常)以及营前型。木梓园型的色形异常,在比值彩色图象上的显示与分类图象上色形异常吻合得极好。如陡山水库南支,有一北东向压扭性断裂通过,断裂北盘为寒武纪地层,南盘除寒武系外还有少量震旦系。该区在黑白卫片上,大量信息交织,植被噪音大,不易目视判读。经比值增强后,显示出两个色环区,色环内还出现10个中小型环形影象。这些中小型环形在北部呈单环布列,在南部则呈寄生环组合。分类图象上该区显示出两个与木梓园矿区十分类同的色形异常,并与比值增强图象所显示的色环相当吻合。在该色形异常区,很可能有木梓园型的矿床存在。西华山型色形异常在分类图象上的显示与比值彩色图象上的色形异常稍有差异,两者不太吻合。如崇义断陷南部经比值处理后显示一群环套,该环套附近还出现有雾状浅蓝绿色异常,其色形与西华山的极其相似。分类图象在该区所呈现的色形异常与比值彩色图象的不同,前者多表现为孤立的单环式,后者为环套。分类图象上该区的色形与西华山的也有差异,这是沉积盖层的综合波谱效应,其下可能是一复式侵入体。营前型,即不吻合类型。如思顺圩地区,在黑白卫片上也出现一不甚明显的环状影象,经比值增强后其环状特征更加醒目,表现为环中环,其西南部还出现一寄生的环套。该区的北部也有一旋转构造存在,以思顺圩环形的边界为内旋层,向北西撒开,朝南东收敛。分类图象出现的色形异常与营前的不同,但形态相似。该环形很可能是由复式岩体的上侵所造成的。下部岩体的热烘烤蚀变晕圈以及相应的旋转构造指示它存在的可能性。上述三种类型的色形异常中,前两种的找矿意义更大。

2. 环形区内成矿条件的影象分析

区内有利成矿的环形影象多分布于灰度大、以粗条纹为背景、其上叠加有斑杂状或细条纹的影象区,如Ⅰ_A、Ⅱ_B、Ⅲ_A和Ⅲ_B(图8)。这些影象区多为寒武纪的浅变质岩系分布区。

地表岩石的金属含量之不同,往往影响地表生态的差异分布。出露地表的金属矿体经风化后表现出多彩性^①。笔者结合本区的地质地理条件,利用比值彩色增强和监督分类等方法,分离出7个色异常以及110个环状信息。如黑钨矿石英脉型矿区,其邻近的负地形中,比值彩色图象上出现浅蓝绿色异常。在监督分类图象上这种色异常又表现为具层次的灰蓝色。矽卡岩型钨矿(如焦里)在比值图象上无色异常显示,经图象分类后表现出一种特征的浅枣红色,它很可能与风化后产生的黑褐土或褐铁矿帽等的风化物有关。

湘赣粤环形内大凡中小型环状影象密集区,往往有钨锡矿床或矿化点出现。利用环形的影象特征、环与环的组合关系、环与线的相关性及综合逻辑分析等,可预测与钨锡矿化有密切关系的中小型环状影象。若出现下述依据的重叠,其预测的把握性更大:(1)成矿元素的丰度值较大或化学活动性较强的岩石组合中出现的小型、中小型环形构造;(2)圈层结构明显,特别是具隐晦的环状晕圈的中小型环形构造;(3)中小型的环中环、套环、链环和寄生环等的组合;(4)几组线性构造交汇区出现的中小型环形构造;(5)有线形体穿越的中小型环形构造。

构造隆起区在卫片上表现为暗色调、与四周地物色调差异2—3个灰度,尤以5波段图象上反映更为突出(西华山—左拔隆起)。它往往是几组线性构造的交汇区,地貌上亦表现为正地形单元,其下可能有侵入体上涌因素叠加。

区内东侧有一系列呈边幕状排列的中新生代盆地,其西缘常由控盆断裂组成。这些长期活动的盆缘断裂多位于区域隆起带和断陷带间的薄弱带,断裂的长期活动为含矿物质的迁移聚集提供了有利的构造条件。

① 池三川1980年“遥感技术在矿产资源勘察中的应用”。

表1 湘赣粤环形区内靶区光谱特征及色彩特征

采 样 靶	靶区名称	影 象 光 谱 特 征 值						彩色异常	主要矿化元素及矿体出露位置	与中、小环形影象的关系	有利矿化的影象区	
		MSS ₇			MSS ₅							
		亮度	标准差	众值	亮度	标准差	众值					
上犹大余榴隆区	靶子背	605	20.29	9.8	24	10.46	2.31	9	天蓝色	W、Sn、Mo、Bi; 隐伏岩体外带	直径为1.5km的环形边缘	电子背的NNE向约6km处, 有一彩色异常, 其中心为天蓝色, 四周为浅红色环绕。分类图象上提取出两条 NNE 向线性体和一条 NEF 向线性体
	岩体	647	20.25	9.6	24	10.50	2.34	9	环状桔黄色异常	岩体即环状影象		
	靶子背	925	20.76	9.5	24	10.72	2.29	9	枣红、桔黄	同 上		
	西华山	1111	21.35	9.63	22	10.82	2.25	10	深绿、浅蓝	W、Sn、Mo、Be、Cu; 岩体的内外接触带	直径为7.5km的环形内	崇义断陷南部, 有一环套, 出现有西华山型的色环异常
	木梓园	1273	21.28	9.3	22	11.22	2.47	10	枣红、深绿	W、Sn、Be、Bi、Mo; 隐伏岩体内、外接触带	位于木梓园环形正中	陡山水库南支的两侧出现
	漂塘	1374	22.06	9.35	24	11.20	2.48	10	深 绿	W、Sn、Mo、Cu、Pb、Zn; 隐伏岩体外带	一椭圆环形内	有两个木梓园型的色环异常
	左拔	1584	22.14	9.77	24	11.09	2.44	10	桔黄、黄绿	W、Sn、Bi、Be、Mo; 隐伏岩体的外接触带	直径为6km的环缘	
	下垄	1650	22.60	9.69	24	10.9	2.43	10	浅红、橙	直径为3km的环缘		船岭东约12km处显示出一具层次的天蓝色 W、Sn 矿化异常
	张天堂	1767	18.18	9.9	24	10.95	2.4	10	浅紫红	W、Pb、Zn、Cu	环套中的小型环形边缘	
崇义营前区	鹅科里	332	20.50	9.7	20	10.27	2.21	9	黄 绿	W、Pb、Zn、Fe; 岩体的外接触带	营前环形边缘	思顺圩地区, 比值假彩图象上多为环中环、还出现有寄生环套复式环
	里坑	484	22.56	9.87	24	10.58	2.32	9	枣红、浅黄绿	W	同 上	
	焦里	1864	20.36	9.8	24	10.97	2.42	10	大红、浅蓝	W、Pb、Zn、Fe;	同 上	
	铅山	589	20.68	9.85	20	10.46	2.33	9	浅黄、天蓝	W、Pb、Zn; 灰岩与花岗岩的接触带	宝山环形北缘	柯树岭西约4.5km处, 有一半径为10km的环状构造圈闭
麟潭复式向斜区	淘锡坑	556	22.60	9.80	20	10.35	2.30	9	浅黄、绿	W、Sn、Cu、Be、Zn; 浅变质岩系中的脉岩	直径为1km的环缘	
	九龙脑	1819	22.55	9.85	24	10.94	2.41	10	深蓝、红	W、Sn、Bi、Mo、Be、Cu、Pb、Zn; 花岗岩体的内外接触带	直径为5km的环缘	
	柯树岭	2003	22.54	9.70	24	11.05	2.51	10	浅枣红、深黄绿		直径为7km的环形内	
	冈长岩体	2049	24.38	9.67	24	11.06	2.5	10	浅蓝、深绿		岩体即环状影象	
	将军寨	87	14.38	9.47	4	9.96	1.74	9	浅褐红	W、Fe、Pb、Zn、Cu、As; 产于上泥盆统的灰岩中	直径为8km的环形内	桂东县城西北有一复式环中环形区, 其上弥散有具层次的天蓝色 W、Sn 矿化异常。
万洋山凸起	小江	3435	23.62	7.97	26	13.59	3.78	17	浅绿、黄绿		不同半径的环套	

表 2 湘赣粤环形区内的影象分区及成矿条件分析

影象区级别及名称			影 象 特 征	成 矿 条 件 分 析	有 利 矿 化 的 影 象 区
一级	名称	二级			
I	上犹大余褶皱隆区	I _A	环形影象发育, 多为套环组合, 环形影象以船岭—木梓园为轴呈NE向分布	区内的浅变质岩系W、Sn含量较高, 燕山期花岗岩发育, 含矿建造为黑钨矿-石英脉建造, 少量白钨矿-方解石-石英脉建造	天门山岩体西部的环套群, 洞脑地区的一寄生环状影象区
		I _B	地形切割不深, 多为中低山区, 显示为中小型寄生环(或子母环)组合	燕山期复式花岗岩体出露较多, 岩体分异较好。主要含矿建造为黑钨矿-锡石-方解石-石英脉建造、沥青铀矿-石英脉建造	沿大余-池江断裂和南雄盆地西缘
		I _C	地形高差大, 环形影象发育, 仁化凹陷东侧出现一三级叠覆的寄生环状构造	为大余—池江断裂束的东端地区, 西南有寒武纪地层出露, 区内环形影象发育。含矿建造为黑钨矿-石英脉建造、黑钨矿-石英脉建造	西南角出现的环套, 仁化凹陷东侧的复式寄生环状影象区
II	崇义—营前区	II _A	影纹差异大, 南部的中、小型环状影象多, 表现为寄生环与单环叠加	燕山期的小型花岗岩岩株较多, 以晚古生代地层为主。主要含矿建造为黑钨矿-石英脉建造、白钨矿-砂卡岩建造	南部的叠环
		II _B	低山丘陵为主, 以营前环形影象主体形成一寄生环。其北部有一帚状构造出现	北部有一帚状构造, 地层为寒武纪的浅变质岩系, 矿体多产于岩体的外接触带, 受岩体的产状变异部位的控制	区内的次级小型环状构造及其组合环
III	麟潭复式向斜区	III _A	多为细条影纹, 中小型环状构造沿万安—遂川断裂南盘呈NE向排列	燕山期的小岩体发育, 地层以寒武系为主。矿体多产于外接触带, 主要含矿建造为黑钨矿-石英脉建造	恩顺圩环形及其边缘的寄生环
		III _B	以细条和蠕虫状影纹为主, 环形影象多呈单环式	区内有一NE向压性断裂斜切。沿断裂分布有一系列小环状影象。主要含矿建造为黑钨矿-石英脉建造	陡山水库南部的NE向压性断裂带上的—环状影象
		III _C	多为平行粗条影纹, 西北部出现有矿化色异常	地层出露较全, 岩浆岩发育, 小型环状构造发育	西部的小环状影象, 尤其是产于壶天灰岩中的小环状影象
IV	万洋山凸起区	IV _A	多为细条影纹和斑状影纹, 环形影象发育, 局部有矿化异常	以寒武纪和奥陶纪地层为主, 岩体出露面积大, 沿万安—遂川断裂的花岗岩中的Sn含量相对较高	桂东环形影象
		IV _B	山体庞大, 沟谷深切, 线性体和小中型环状构造发育	以加里东期的花岗岩为主体, 线性体发育	小江环形影象

四、结 语

1. 湘赣粤环形构造是南岭压性带的挤压产物, 其下是一大的隐伏岩浆房。环形主部自中生代以来处于长期隆起状态, 燕山期小侵入体的大量产出, 反映这种差异运动的加剧, 沿其主部周边形成一系列中生代盆地。喜山期, 湘赣粤环形的主部仍继承性抬升, 使新生代盆地覆于中生代盆地之上。

2. 经图象增强和信息提取后, 在环形主部检测出7个色形异常(表1), 它们分别与相应的典型靶区之色、形异常相似。

3. 提出比值 MSS_5/MSS_4 、 MSS_5/MSS_7 、 MSS_4/MSS_7 分别赋予蓝、绿、红三色后合成的彩色比值图象可压抑植被噪音干扰, 并提出大量中小型环状信息以及与钨锡矿化有关的浅蓝绿色异常。

主要参考文献

- [1] 于志鸿、刘忠平、万德芳、付子洁 1981 中国陆地线性构造图 地质出版社
- [2] 南京大学 1981 华南不同时代花岗岩类及其与成矿的关系 科学出版社
- [3] 谢家荣 1961 成矿理论与找矿 中国地质 第12期
- [4] Sabins, F. F., 1978, Remote Sensing Principle and Interpretation. W. H. Freeman & Company, San Francisco.
- [5] Hamblin, W. K., 1976, The Earth's Dynamic Systems. Burgess Publishing Company.
- [6] Soha, J. M. and others, 1976, Computer techniques for geological application. Geology, August, Vol. 7, No. 3.

IMAGE FEATURE OF HUNAN-JIANGXI-GUANGDONG CIRCULAR STRUCTURE AND ITS APPLICATION EFFECTS IN MINERAL EXPLORATION

Wang Haiping

(Institute of Mineral Deposits, Chinese Academy of Geological Sciences)

Abstract

The Hunan-Jiangxi-Guangdong (Xiang-Gan-Yue) circular structure (hereinafter called XGY circular structure for short) is located in the middle part of the Nanling compressive structure zone. The geological structures of this region are complicated, and linear structures of different directions are well developed. Magmatic activities occurred repeatedly, and magma intruded for several times in different periods. Especially during Indosinian-Yenshanian periods, a great abundance of granites were invaded. The strata from the Sinian to the Quaternary are preserved perfectly. There exist many metallic deposits in the area, especially tungsten and tin deposits.

The present paper deals with the features of the geological structures in

the area, the relationship between the Nanling compressive structure zone and the granite, and the effects of applying circular structure in mineral exploration. All this lies on the basis of various geological data in this region obtained by using multispectral band images at different scales, remote sensing technology of computer processing in some important districts, combinatorial analysis of the structure, sedimentation, metamorphism, magmatic activities, and correlative analysis of the image information. The author has obtained in the important district a lot of information of small-middle circular structures and blind magmatic rocks from various images acquired by means of different templates, the ratio associations of different bands, and the selection and classification of typical target districts. The paper provides some image information for delineating the most favorable areas for ore prospecting and for detecting blind deposits around small-middle circular structures.

The present paper indicates that there exists a massive magma chamber lying under the XGY circular structure, and the XGY circular structure itself is the roof shape of the massive magma chamber at the surface. There were at least two periodic magma activities in the magma chamber. The first one occurred during Early Paleozoic when the elevation and subsidence movements dominated in the Wanan-Shueichuan fault; the magma intruded along the SN structure. The second one chiefly took place from Triassic to Cretaceous, and this magmatic intrusion spread extensively. The main part of the XGY circular structure has been upheaving since Mesozoic. The emergence of many small Mesozoic intrusive masses suggests the intensification of the elevation and the subsidence. This diverse movement formed a set of Mesozoic basins around the main part of the XGY circular structure. The main part of the XGY circular structure still upheaved in Cenozoic, and the Cenozoic basins around this structure was superimposed on the Mesozoic basins.

The difference of the spectrum features and the image patterns between the XGY circular structure and the geological bodies around it is very small, with the special circular patterns existing prominently in the Nanling Mountains. There are also other circular structures in South China belonging to this type. The XGY circular structure, however, is most typical whether from its image shape, its dimension, its spectrum features, or from its interpretation indicators, and it represents a sort of circular structures which were formed by the remelted granite batholiths in the Sialsphere of South China.

After the image enhancement and information extraction, the author has detected and distinguished seven circular anomalous districts which are very

(to be continued on p.18)

The characters of this field are described as: (1) Summation of geochemical potential relating to the co-ordinates X, Y, Z , or pseudo-velocity head, pseudo-pressure head and pseudo-potential head of certain component in earth's space is constant and it is given by

$$\mu_x + \mu_y + \mu_z = C$$

or

$$\mu_{x2} + \mu_{y2} + \mu_{z2} = \mu_{x1} + \mu_{y1} + \mu_{z1}$$

The relations expressed above are respectively defined as constancy of geochemical potential. Their physical significance is identical with that of the other form of mathematical expressions of constancy of geochemical potential defined as

$$\mu_k + \mu_u + \mu_p = C$$

or

$$\mu_{k2} + \mu_{u2} + \mu_{p2} = \mu_{k1} + \mu_{u1} + \mu_{p1}$$

(2) Geochemical potential field is a vector field characterized by the strength of geochemical field defined as diffusion force acting on one molecular volume (or one atomic volume) running from its higher concentration phase to lower concentration phase and it is given by

$$E = -\text{grad}\mu$$

$$E = \frac{RT}{x}i + \frac{RT}{y}j + \frac{RT}{z}K$$

Theoretical understanding cited above is applied to interpret the ore formation field exemplified by concentration and contraction of WO_3 tenors of wolframite quartz veins in China.

(continued from p.50)

similar in color and anomaly shape to the corresponding typical target districts in the main part of the XGY circular structure; this is the result of making full use of image features of circular structures, investigating the combinatorial relationship between circle and line, and the analysis of the logical correlation.

On the basis of the experience gained by previous workers on processing the remote sensing data, in combination with the special geological and geographical conditions of this region, the author suggests that the colorful ratio image composed of the ratios with blue, green and red coding can suppress the interference of the plant noise and extract small-middle or small circular information as well as the light blue-green anomaly which is related to the mineralizations of tungsten and tin.