

卫星图像处理技术在蒙阴地区金刚石找矿预测中的应用

王海平 邓楚均 秦淑英

(中国地质科学院矿床地质研究所, 北京)

摘 要: 文章针对研究区内金伯利岩的特征, 运用 OIF 系数确定最佳季相波段, 用最小二乘法设计的大气散射校正、比值一分段线性扩展等处理程序, 使处理后图像增大了对比度, 拓宽了与金伯利岩有关的地质体的光谱范围, 提取出了与金伯利岩有关地质体的波谱信息。经处理后图像及不同比例尺的遥感图像对应分析, 圈定了区内优选靶区, 其中在两县色形图像异常内发现的碳酸角砾岩脉, 经野外工作和室内重砂、岩石化学、REE、碳氧同位素分析表明, 可能是后期碳酸岩化的角砾金伯利岩脉。两县色形异常是寻找金刚石原生矿床的有利靶区。

主题词: 大气散射 分段扩展 色形异常 金伯利岩 碳酸岩化

山东省蒙阴地区的金刚石原生矿资源丰富, 既有早已著称于世的常马庄金刚石原生矿, 又有有待开采的西峪金刚石矿床及其他金伯利岩岩管(筒)、岩脉, 是我国重要的金刚石原生矿产地之一。为加速鲁西金刚石普查找矿, 开拓普查新区, 扩大矿产资源储量, 我们运用不同比例尺的 MSS、TM 卫星图像和局部地区的图像处理技术对鲁西进行了遥感地质研究。本文特就局部地区的图像处理、结合地面地质、物探资料及不同比例尺的遥感图像综合分析, 寻找金伯利岩及其相关岩的远景区, 对利用遥感图像和图像处理技术在山东地区寻找金伯利岩的可行性进行探索。

1 研究区的地质概况

蒙阴地区位于华北地台的鲁西台背斜中心部位, 东侧距沂沭断裂带的西支郯部—葛沟断裂约40公里, 研究区主要由两个单断式凸起夹一单断式凹陷构成其构造格架。南侧为北西向的蒙山单断式凸起, 北侧为北西向的新甫山单断式凸起, 中部为柴汶河单断式凹陷。区内主要为太古界以及少量古生界和中新生界地层。太古代泰山群为一套中高级变质岩系, 由云母片岩、片麻岩、石英岩和变粒岩组成, 集中分布在南、北两单断式凸起上并构成区内主要出露的地层。古生界零星散布于单断式凸起的南北两侧, 为一套台型浅海—滨海相碎屑岩、灰岩及含煤建造。中生代和新生代地层主要分布在北西向的柴汶河单断式凹陷内, 为一套河湖相杂色碎屑岩、火山碎屑岩和火山岩建造。区内岩浆活动不甚强烈, 仅在单断式凸起的太古界与古生界间不整合面附近有零星的燕山期小岩体出露, 其岩性为花岗斑岩和闪长玢岩等, 此外还有少量的燕山期岩脉沿北西、北东向断裂贯入(图1)。

2 卫星图像处理方法

卫星图像给人们提供了大量的宏观地面波谱信息, 随着图像处理技术的不断更新和日趋完善, 用电脑处理卫星图像信息并结合各种地面资料来预测成矿远景区已为越来越多的地质学家们瞩目。

王海平, 男, 43岁, 副研究员, 遥感地质。邮政编码: 100037

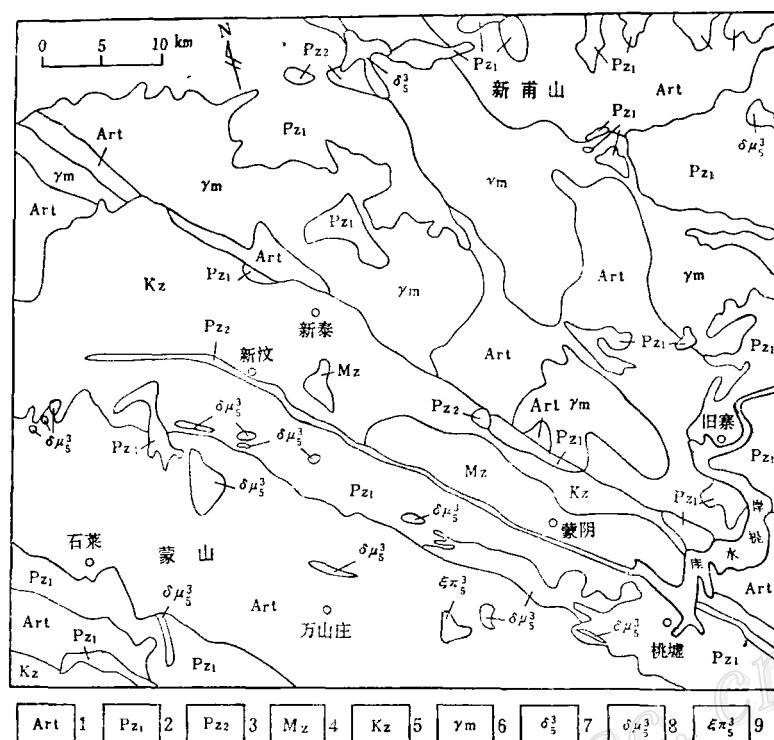


图 1 蒙阴地区地质略图 (据 1/50 万地质图修改)

1—泰山群; 2—早古生代盖层; 3—晚古生代盖层; 4—中生代盖层; 5—新生代盖层; 6—混合花岗岩; 7—燕山晚期闪长岩; 8—燕山晚期闪长玢岩; 9—燕山晚期正长斑岩

Fig. 1. Schematic geological map of Mengyin area.

1—Taishan Group; 2—Upper Paleozoic covering strata; 3—Lower Paleozoic covering strata; 4—Mesozoic covering strata; 5—Cenozoic covering strata; 6—Migmatitic granite; 7—Late Yanshanian diorite; 8—Late Yanshanian diorite porphyrite; 9—Late Yanshanian syenite porphyry.

2.1 图像预处理——大气散射校正

大气层中的微粒 (如烟、尘埃和蒸汽等) 使阳光产生散射, 这种散射效应能使卫星传感器接受的地面光谱信息发生失真, 从而导致所记录的波谱图像高频信息的衰减。Colwell 指出, 大气散射作用可形成地物光谱的反差比改变, 这种反差比的改变可用下式表达^{[3][4]}:

$$Cr = \frac{B_{\max} + H(i)}{B_{\min} + H(i)} \quad (1)$$

式 (1) 中 Cr 为图像的反差比, $B_{\max}$ 为图像中的最大亮度值, $B_{\min}$ 为图像中最小亮度值, $H(i)$ 为散射值, i 为图像的波段数。上式明显地表明, 当 $H(i) = 0$ 时的 Cr 值要大于 $H(i) > 0$ 时的 Cr 值。也就是说大气的散射效应造成了图像反差比的下降 (即降低了图像分辨率和波谱反应能力)。

大气的散射效应由选择性散射 (包括雷利散射和米氏散射) 和非选择性散射合成。Slater (1975) 认为: 雷利散射主要影响 $0.5 \mu\text{m}$ 以下的蓝光波段, 而米氏散射和非选择性散射则主要影响 $0.5 \mu\text{m}$ 以上的可见光、红外和近红外光波段, 对卫星传感器来说, 产生大气散射效应的主要是米氏和非选择性散射作用, 其散射效应与波长成反比^[5]。因此, 地球资源卫星的四个光谱窗口中, $MSS_4(0.5 \sim 0.6 \mu\text{m})$ 的大气散射成分最大, 以下依次为 $MSS_5(0.6 \sim 0.7 \mu\text{m})$ 和 $MSS_6(0.7 \sim 0.8 \mu\text{m})$, 因 $MSS_7(0.8 \sim 1.1 \mu\text{m})$ 图像上清洁的水域和山体阴坡的光谱值为 0, 故可视 $MSS_7(0.8 \sim 1.1 \mu\text{m})$ 相对不受大气散射的影响。基于 Chaves (1975)

的研究^[6], 笔者采用最小二乘法来对卫星图像作大气散射校正。其宗旨就是以 7 波段 (MSS₇) 为相对参照系, 分别求出 4、5、6 波段相对于 7 波段的散射偏差值, 这些偏差值便视为散射效应对各波段的影响。我们先计算各波段与 7 波段的像元亮度相关分布, 然后用最小二乘法拟合相关散布直线并求解出与纵坐标的截距, 该截距即大气散射偏差值。用此法作散射校正, 分别求得蒙阴地区 MSS₄、MSS₅、MSS₆ 的大气散射值为 11、10 和 7.5, 经直方图方法验证, 二者结果完全一致。

2.2 选取最佳组合波段——计算 OIF

在计算机的图像处理中, 图像波段的优选是至关重要的一环。波段选取得当, 则波段间的相关性小, 各波段所包含的地面波谱信息量最大, 以后的各种图像处理便能增强并提取出有用的光谱信息。我们采用 OIF 系数法来选择最佳波段, 其数学式^[1]可表达为:

$$OIF = \sum_{i=1}^3 S_i / \sum_{i=1}^3 |r_i| \quad (2)$$

式 (2) 中, S_i 为波段亮度值标准差, r_i 为波段间的相关系数, OIF 为波段相关系数。OIF 值越大, 说明各组合波段间的相关性小, 各波段的地面光谱信息量大。首先我们用图像的相关分析对蒙阴地区进行光谱值的均值、极值、标准差和相关矩阵等统计参数的计算 (表 1、表 2), 然后分别计算出各种可能的波段组合标准差的代数和 $\sum_{i=1}^3 S_i$ 、波段相关系数绝对值的代数和 $\sum_{i=1}^3 |r_i|$ 以及波段组合系数 OIF (表 3)。从表 3 可以

看出波段 7、5、4 组合的 OIF 值最大, 为 0.848; 波段 7、6、5 的 OIF 值最小, 为 0.618; MSS₇₋₅₋₄ 和

表 1 蒙阴地区图像统计参数

Table 1. Statistical parameters of the image in Mengyin area

波段	4	5	6	7
均值	0.211	0.272	0.236	0.212
最大值	0.582	0.932	0.249	0.252
最小值	0.101	0	0.105	0.173
标准差	0.786	0.434	0.468	0.503

表 2 蒙阴地区图像统计相关系数

Table 2. Statistical correlation coefficients of the image in Mengyin area.

波段	4	5	6	7
4	1			
5	0.999	1		
6	0.627	0.657	1	
7	0.167	0.668	0.954	1

MSS₆₋₅₋₄ 分别为 0.821 和 0.754。这一统计计算结果表明, MSS₇₋₅₋₄ 组合是蒙阴地区的最佳波段组合。

2.3 图像比值——分段扩展处理

蒙阴地区的地质研究程度较高, 地形高差大, 地质构造复杂, 所以常规的图像处理可能效果不大。经野外多次调查表明, 蒙阴地区的金伯利岩及其相关杂岩体风化后土质肥沃含水分高, 其上植被发育程度往往优于四邻地区^[2]。经野外取样测试表明 (表 4), 样品中的 H₂O、CO₂ 含量很高, 它们的活动性强、渗透性大, 当其沿一定路径 (裂隙、孔隙等) 运移以及含羟基或水合物矿物增多时, 可能导致金伯利岩风化产物的化学组分和结构的变异并形成波谱异常。因此, 用图像的比值处理, 有可能消除地形高差所引起的阴影效应, 增强物理属性相同的地质体光谱信息。比值处理方法为一种计算机的代数运算, 通常用下式^[2]表达:

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

式 (3) 中, $A(x,y)$ 和 $B(x,y)$ 为输入图像, $C(x,y)$ 为输出图像, 上式表明, 比值图像中像元的亮度值等于任意两波段内同名像元亮度值相除:

表 3 蒙阴地区图像波段组合系数 OIF

Table 3. OIF coefficients of the bands of the image in Mengyin area.

特征值 波段组合	$\sum_{i=1}^3 s_i$	$\sum_{i=1}^3 r_i $	OIF
7-5-4	1.723	2.035	0.848
7-6-4	1.731	2.108	0.821
6-5-4	1.688	2.240	0.754
7-6-5	1.405	2.270	0.618

$$DN' = a \frac{DN_{is}}{DN_{js}} + b \quad (4)$$

式(4)中, DN' 为比值图像的亮度值, DN 为输入图像的像元亮度值, i 和 j 表不同的波段数, s 为同名像元点, a 和 b 为动态范围常数。因蒙阴地区的新图像文件均已作过大气散射校正, 上式应为:

$$DN' = a \left[\frac{DN_{is} - H(i)}{DN_{js} - H(j)} \right] + b \quad (5)$$

上式中, $H(i)$ 、 $H(j)$ 分别为 i 、 j 波段的大气散射值。式(5)的数学解析表明, 经大气散射校正后的图像比值处理可增加地物光谱的反差。

据植物的反射光谱曲线和金伯利岩的室内光谱曲线(图2), 鉴于植物有 $0.55 \mu\text{m}$ 处形成的反射高台和

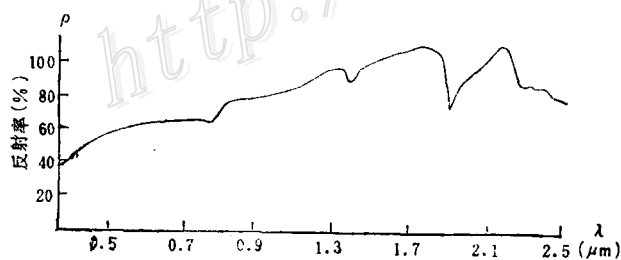
图 2a 金伯利岩室内反射波谱
(据米切尔)

Fig. 2a. Indoor reflective spectrum of kimberlite.

表 4 两县碳酸角砾岩和有关岩石化学成分(%)

Table 4. Chemical composition of carbonate breccia from Liangxian and correlative rocks (in percentage)

地区 成分 岩石	两 县	井 子 峪	常 马 庄
	碳酸角砾岩	镁云碳酸岩	金伯利岩
Na ₂ O	0.91	1.50	0.63
MgO	14.15	11.07	27.33
Al ₂ O ₃	11.16	5.13	4.96
SiO ₂	13.98	27.00	34.00
P ₂ O ₅	0.19	1.66	0.16
K ₂ O	7.45	2.08	1.36
CaO	32.90	18.74	9.57
TiO ₂	0.57	0.93	0.96
MnO	0.14	0.10	0.12
Fe ₂ O ₃	2.23	2.64	4.23
FeO	3.09	2.96	2.89
H ₂ O ⁺	1.97	1.60	8.44
H ₂ O ⁻	0.22	0.36	0.78
CO ₂	11.24	24.41	3.79
Cr ₂ O ₃			0.21
Σ(%)	100.20	100.18	99.43

分析者: 地矿部测试所 刘以建

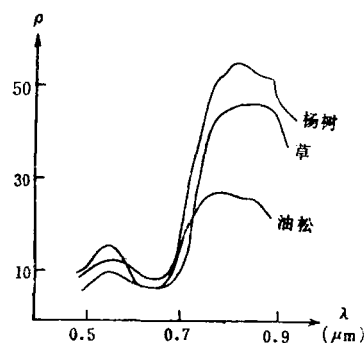
图 2b 植物室内反射波谱
(据方有清)

Fig. 2b Indoor reflective spectra of plants.

在 $0.68 \mu\text{m}$ 处形成的反射谷, 考虑到金伯利岩及其相关杂岩中大量镁、铁离子在 $0.6 \sim 0.7 \mu\text{m}$ 范围内跃迁形成的特征光谱, 我们设计了 MSS_5/MSS_4 以扩大植被间的亮度范围, 用 MSS_4/MSS_7 来分辨 H_2O 、 CO_2 及由它们形成的含羟基、水合物矿物等产生的异常光谱区段, 用 MSS_5/MSS_7 以增强区内高频信息特征。然后分别用 $MSS_{4/7}(R)$ 、 $MSS_{5/4}(B)$ 、 $MSS_{5/7}(G)$ 编码合成比值彩色图像。经电脑取样显示, 比值图像与原图像

相比虽然信息增强效果有了很大改善,但仍不尽人意,主要表现在比值图像的灰度级还未充分拉开,故在比值图像的处理基础上再进行分段线性扩展处理。比值-分段线性扩展处理的数学表达式为^[2]:

$$g_e(i, j) = \begin{cases} \frac{U-L}{u-l} [g(i, j) - l] + L & l \leq g(i, j) \leq u \\ \frac{L}{l} g(i, j) & g(i, j) < l \\ \frac{K-L'}{k-u} [g(i, j) - l] + L' & g(i, j) > u \end{cases}$$

上式中, $g(i, j)$ 为比值图像亮度值, $g_e(i, j)$ 为比值-分段线性扩展处理图像亮度值, l 、 u 和 k 为比值图像的亮度范围, L 、 U 和 K 为分段扩展后新图像的亮度范围。据金伯利岩室内光谱(图2a)和山东金伯利岩地质特征,笔者采取比值图像的三段拉伸方案。经电脑的反复对比调试,第一段的比值图像亮度范围和扩展后新图像亮度范围分别为: $[l, u] = [0, 32]$ 、 $[L, U] = [0, 32]$, 该段为古生界、中生界及低洼汇水地带;第二段为太古界高亮度分布区, $[l, u] = [32, 64]$ 、 $[L, U] = [32, 165]$;第三段的 $[l, u] = [64, 256]$ 、 $[L, U] = [165, 256]$, 该拉伸段主要为太古界经风化后的干燥砂地及植被不发育区。即将太古界亮度分布区(32, 64)拉伸到(32, 165), 而古生界、中生界亮度区(第一段)基本不予拉伸, 植被稀疏及干燥砂地(太古界)仅作平缓拉伸, 从而增强太古界高亮度区内的灰度级和高频信息。经图像的采样显示, 三组图像在32-165区段都得到了充分扩展。与原图像相比, 比值-分段扩展后的图像既增强了区内高频信息, 又扩展了金伯利岩及其相关岩区的光谱信息(灰度级)。

3 图像处理效果及验证

在不同比例尺的卫星图像解译*基础上, 通过对蒙阴地区比值-分段线性扩展图像的解译, 区内共解译出六组线性构造(图3), 共32条(M_{1-32})。近南北向的线性构造有四条(M_{1-4}), 其影像特征较复杂, 有的以压扭性为主兼有扭动, 有的则表现为张扭性。北东(20°)向的线性构造较发育, 呈35公里的间距分布, 主要有 M_{5-9} 五条, 图像上多表现为剪切为主兼有挤压的影像特征。北东(40°)向的线性构造解译出五条(M_{10-14}), 其影像特征为压扭性。北东东向的线性构造有两组, 一组呈北东 65° 方向, 如 M_{15-19} , 另一组为北东 85° 方向, 有 M_{20-21} 两条。北东东向的线性构造连续性不强, 多呈短的线性体显示, 表现出以压为主局部兼有扭动的特征。北北西向(340°)线性构造有五条(M_{22-26}), 显示为以挤压为主兼有张性的影像特征, 局部因其他方向的线性体干扰发生方向偏转, 延伸性不太好。北北向线性构造沿 320° 方向延伸, 共解译出六条(M_{27-32}), 主要表现为压扭的力学性质。

蒙阴地区的环形构造相当发育, 经比值-分段线性扩展后, 图像上环形构造的单解性大大增强了。区内较大的环形构造有四个, 其中位于蒙阴县城附近的阎庄环(4), 经野外验证后证实为闪长玢岩的侵入所形成, 这与室内据其影像特征所作的推断完全一致。野店环(1)、两县环(2)和瑞山后环(3)的成因较复杂, 既不同于褶皱构造形成的环形影像, 又与岩浆活动或火山作用形成的环形特征有别。经野外验证后, 我们认为这种复成因的环形构造很可能是深源物质的侵入作用形成的。区内的环形构造与线性构造的关系十分密切, 环形体多发育在北北向、北东东向和近南北向线性构造的交汇部位。

蒙阴地区的金伯利岩常常与小环形构造相伴并明显受其控制。常马庄矿带和坡里矿带就很清楚地受两个同心环套的控制, 前者产于武台同心环套的次级寄生环带上, 后者产于河东同心环套的边缘, 西峪矿带则受一寄生在高都环形构造边上的偏心环套控制。区内三条金伯利岩矿带, 除了北东向、北东东向和北北向构造已为常规地质方法证实与金伯利岩有关外, 比值-分段线性扩展图像上, 各矿带均有近南北向的张扭性线性构造存在, 如常马庄矿区出现在 M_2 带上, 西峪矿带则产在 M_5 带内, 坡里矿带则有 M_4 的次级南北

* 区域卫星图像解译由刘忠平完成

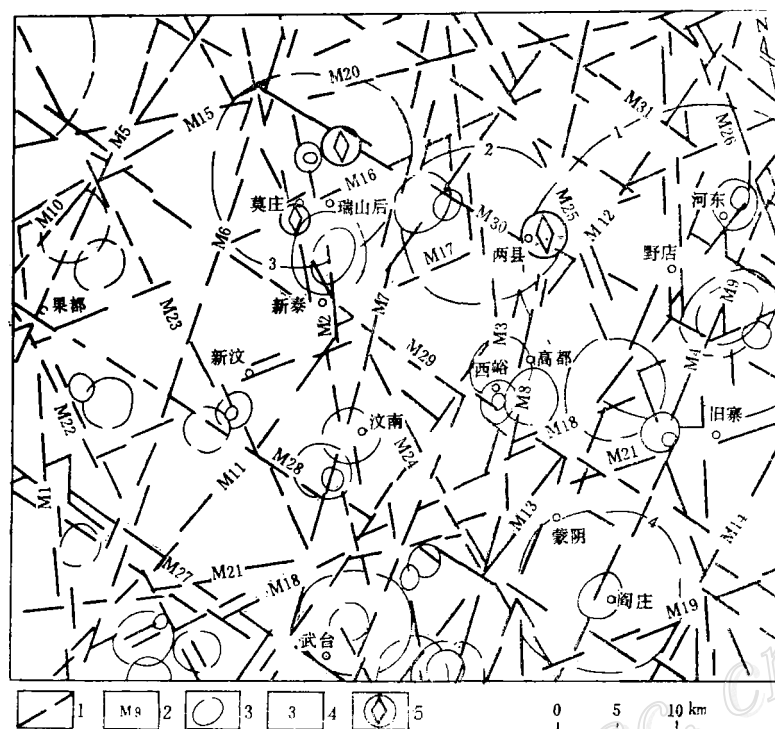


图3 蒙阴地区遥感构造解译图

1—线性构造; 2—线性构造编号; 3—环形构造; 4—环形构造编号; 5—推测与金伯利岩有关的靶区

Fig. 3. Interpretation map of remote sensing structures in Mengyin area.

1—Lineament; 2—Serial number of lineament; 3—Annular structure; 4—Serial number of annular structure; 5—Inferred kimberlites-related targets.

向线性构造显示。故此,我们认为蒙阴地区的近南北向、北西向和北东东向线性构造是区内的控矿构造,其中近南北向的线性构造是被忽略了的重要控矿构造,这三组构造的交汇部是金伯利岩的有利侵位区段。

据区内控矿构造、线性和环形构造。处理图像的色形异常及其他地质资料的综合分析,我们认为莫庄、两县和瑞山后三个地区是金伯利岩的有利形成区。随后,我们有针对性地选择了几个地区进行野外验证。

两县环形构造*及其色异常区。该环形构造位于新泰县东风乡两县村。环体岩石主要为太古代太平顶组变质岩,其岩性为黑云斜长片麻岩、云母石英片岩和角闪黑云片麻岩。经追索,在环形体内发现一条走向为 340° 的碳酸角砾岩(野外定名)带,倾向北东,倾角 85° ,总长约800m,宽度变化大。野外观察,该碳酸角砾岩带至少由四个碳酸角砾岩透镜体构成,南段的三个透镜体分别为 $5 \times 3\text{m}$ 、 $15 \times 7\text{m}$ 和 $5 \times 3\text{m}$,北段透镜体的规模较大,四个透镜体呈雁列式沿 340° 方向延伸。沿带围岩(片麻岩)经碳酸岩化后在地表呈灰白色蚀变带(处理图像上有浅斑杂状色异常)。该带中角砾成分以片麻岩居多,亦有少量白色碳酸岩角砾。经切片观察,岩石的胶结物多为碳酸岩和碳酸岩化矿物,因蚀变太强,很难确切定名。

经两个采集砂样点的重砂分析表明,两县环形构造内重矿物主要为蒙脱石、石榴石、辉石、角闪石和黄铁矿。将风化强烈的碳酸角砾岩破碎后淘洗,也分选出石榴石、蒙脱石等重矿物。邓楚均用电子探针分析石榴石后认为,其主要成分应为钙铝榴石。山东省地矿局第七地质大队曾在两县环形构造内的汇水处(两

* 该环形构造的解译由刘忠平完成,并进行了野外工作。然后对该区进行图像处理并再次进行野外工作。下述内容是两次野外工作的综述

县村东约 400 m) 淘到一颗镁铝榴石^①。

两县碳酸角砾岩样品的岩石化学 (表 4)、REE (表 5) 和氧、碳同位素组成 (表 6) 分析, 与山东典

表 5 两县碳酸角砾岩和有关岩石 REE 含量(10^{-6})及有关比值

Table 5. REE contents and related ratios of carbonate breccia from Liangxian and correlative rocks (in 10^{-6})

地 区 岩 石	两 县	井 子 峪	常 马 庄
	碳 酸 角 砾 岩	镁 云 碳 酸 岩	金 伯 利 岩
La	48.10	200.20	102.24
Ce	37.17	397.90	189.18
δ Ce	0.92	0.94	0.93
Pr	12.91	43.66	17.61
Nd	12.88	168.43	61.53
Sm	2.90	25.70	8.21
Eu	1.71	5.58	2.05
δ Eu	0.073	0.072	0.073
Gd	2.98	16.42	6.47
Tb	0.35	1.89	0.73
Dy	1.71	5.55	2.85
Ho	0.34	1.02	0.44
Er	1.03	1.92	1.18
Tm	0.12	0.30	0.18
Yb	0.8	0.88	0.62
Lu	<0.10	<0.10	<0.10
Y	9.29	14.71	9.16
Sm/Nd	0.225	0.153	0.133

分析者：地矿部测试所 徐枫

表 6 两县碳酸角砾岩及有关岩石 $\delta^{13}\text{C}$ 、 $\delta^{18}\text{O}$ 值分析结果

Table 6. $\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{18}\text{O}$ values of carbonate breccia from Liangxian and correlative rocks

地 区	岩 石	$\delta^{13}\text{C}_{\text{PDB}}(\text{‰})$	$\delta^{18}\text{O}_{\text{SMOW}}(\text{‰})$
两 县	碳酸角砾岩	-6.7	22.57
井 子 峪	镁云碳酸岩	-3.2	16.22
常 马 庄	金伯利岩		14.35

分析者：地矿部矿床所 吴静淑

型的金伯利岩 (常马庄) 和镁云碳酸岩 (井子峪) 有着惊人的相似处。从表 4 可以看出, 两县 色形异常内碳酸角砾岩 CaO 的含量高 (32.90%), ΣCe 较高, TiO_2 极低, 与典型碳酸岩很接近。作霍姆斯图解 (图 4), 这种岩石又落入与金伯利岩同源的碳酸角砾岩区。表 5 则表明, 其 Sm/Nd 为 0.225, 大大低于 0.33 的临

● 据 1/20 万地质图, 山东省第七地质队 (未刊资料)

界值,属轻稀土高度富集型,与常马庄金伯利岩接近。作 Yb/Ca 对 Yb/La 图⁽⁷⁾(图 5)表明,该碳酸角砾岩与常马庄金伯利岩、井子峪镁云碳酸岩皆位于临界限(AB)的一侧,距离碳酸岩区更近但又不属典型的

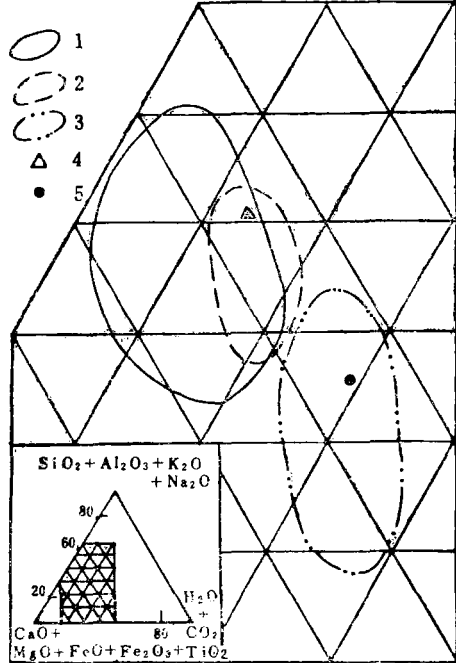


图 4 金伯利岩及其同源岩石的霍姆斯图

1—钙镁橄辉长煌斑岩; 2—金伯利岩; 3—碳酸角砾岩;
4—常马庄金伯利岩; 5—两县碳酸角砾岩

Fig. 4 Hounth diagram of kimberlite and its cogenetic rocks.

1—Vesecite; 2—Kimberlite; 3—Carbonate breccia;
4—Kimberlite from Changmazhuang; 5—
Carbonate breccia from Liangxian.

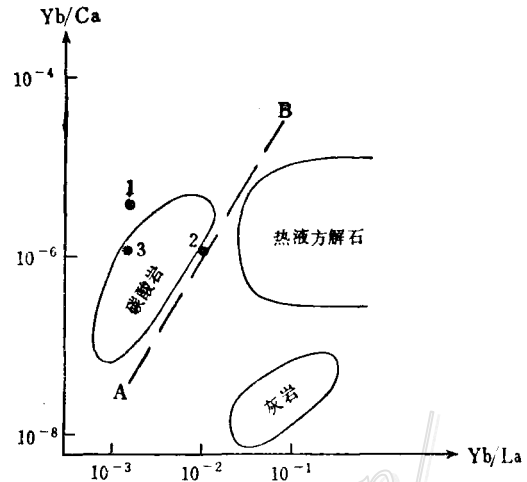


图 5 Yb/Ca 对 Yb/La 图解 (据 Moller P)

1—常马庄金伯利岩; 2—两县碳酸角砾岩; 3—井子峪镁云碳酸岩

Fig. 5 Yb/Ca versus Yb/La diagram.

1—Kimberlite from Changmazhuang; 2—
Carbonate breccia from Liangxian; 3—Beforsite from Jinziyu.

碳酸岩范畴。从球粒陨石标准化图解(图 6)可以看出,两县碳酸角砾岩的 REE 配分型式与常马庄金伯利岩的十分相同,二者都富 LREE、曲线向右倾斜, $\delta Eu = 0.073$, 都有明显的钇亏损,但是前者出现有钕亏损,后者则无,两县碳酸角砾岩的这一 REE 配分型与辽宁复县 10 号脉(碳酸岩化金伯利岩脉)的一致,皆具钕、钇双亏损特征。它们的 REE 配分模式的高度相似性表明,二者均为深源物质部分熔融产物。

表 6 中,两县碳酸角砾岩的 $\delta^{13}C_{PDB}$ 为 -6.7% ,与各家测得金刚石的 $\delta^{13}C_{PDB}$ 一致,说明其为深源物质经熔融后形成的。表 6 中两县碳酸角砾岩的 $\delta^{18}O_{SMOW}$ 值与常马庄金伯利岩的偏离较大,其 $\delta^{18}O_{SMOW}$ 值是它的 $\delta^{18}O_{PDB}$ 值据 O'neil (1979) 导出的经验公式⁽⁸⁾换算的。这种差异,可能是碳酸岩化作用以及表生条件下天水与碳酸角砾岩发生氧同位素交换所致。

综上所述,两县色形图像异常中发现的“碳酸角砾岩”,我们认为很可能是一种强烈碳酸岩化的角砾金伯利岩。

4 讨论

1. 大气的散射效应导致图像反差比降低,压低了图像的高频信息,在图像处理之前应作大气校正以增强规模小、蚀变弱的地质体信息。经大气散射校正后的图像,在比值处理时还可增大输出图像的对比度。

2. 在地形高差变化较大的地区,运用比值-分段线性扩展处理,可以拉伸与金伯利岩有关的地质体亮

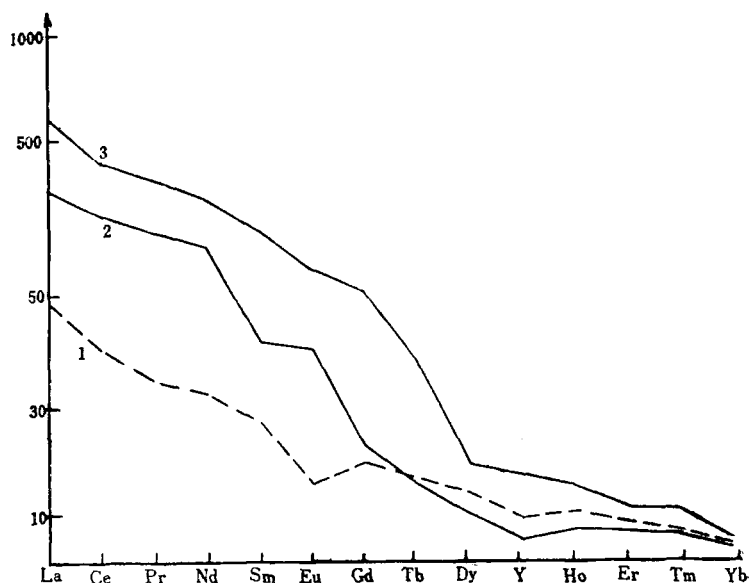


图 6 两县碳酸角砾岩与金伯利岩的 REE 标准化型式

1—两县碳酸角砾岩; 2—常马庄金伯利岩; 3—井子峪镁云碳酸岩

Fig. 6. Chondrite-normalized REE patterns of kimberlites and carbonate breccia from Liangxian.

1—Carbonate breccia from Liangxian; 2—Kimberlite from Changmazhuang; 3—Beforsite from Jingziyu.

度级范围、突出其内的影像层次和与金伯利岩筒(管)有关的高频信息细节。

3. 除了北东东向和北西向构造已为前人所证实是区内金伯利岩的控矿构造外, 我们的工作表明, 近南北向的张扭性线性构造是金伯利岩的重要控矿构造。

4. 经多种不同比例尺的遥感图像分析, 以及实地采样后所做的重砂、岩石化学和同位素组成的分析表明, 两县色形图像异常内发现的碳酸角砾岩很可能是强烈碳酸岩化的角砾金伯利岩, 该色形异常是寻找金刚石原生矿床的有利靶区。

参 考 文 献

- 1 庄培仁, 多时相卫星图像地质信息处理方法. 遥感信息, 1987, (2): 21~24
- 2 王海平, 卫星图像计算机处理在矿床地质研究中的应用初议. 矿床所刊, 1988, (1): 111~121
- 3 Colwell R N, Brewer W, Landis G, Langley P, Morgan J, Riaker J, Robinson J M, Soren A L, Basic matter and energy relationships involved in remote reconnaissance. Photogrammetric engineering, 1963, 29(4), 761—799
- 4 Gregory R L. Eye and brain. New York: McGraw-Hill Book Co., 1966, 51—73
- 5 Slater P N, Photographic systems for remote sensing. Falls Church Va.: American society of photogrammetry, 1975, 235—325
- 6 Chaves P S, Eliason E M, Soderblom L A. Simulated "true color" image from ERTS data. Geology, 1974, 2, 231—234
- 7 Maravic H V, Morteani G. Petrology and geochemistry of the carbonatite and syenite complex of Lueshe (N. E. Zaire). Lithos. 1980, 13(2), 159—168.
- 8 O'neil J R. Stable isotope geochemistry of rocks and minerals. Lectures in isotope geology. New York: Holt, Rinehart and Winston inc., 238.

THE APPLICATION OF LANDSAT IMAGE PROCESSING TECHNOLOGY TO THE PROSPECTING AND PROGNOSIS OF DIAMOND DEPOSITS IN MENGYN AREA

Wang Haiping, Deng Chujun and Qin Shuying

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

Abstract

Characteristics of kimberlites in Mengyin area have been studied with the Landsat image processing technology and images of multispectral scanner(MSS) and thermatic mapper(TM) on different scales; the effectiveness of the Landsat image preprocessing with the atmospheric correction and OIF is also discussed. It is held that the discovery of image anomalies related to kimberlites with Landsat image processing of ratio and ratio-piecewise scale is extremely important.

Based on an integrated analysis of geological and geophysical data and Landsat image processing, the authors selected three color and shape image anomalies as targets in Mengyin area, in one of which the authors found three carbonate breccia veins in an echelon arrangement which exhibited late dextral activity. Heavy mineral, isotope and REE studies suggest that this sort of carbonate breccia might be a kimberlite which experienced late carbonate alteration.