

黔桂地区微细浸染型金矿蚀变 信息提取机理*

陈赶良 杨柏林

(中国科学院地球化学研究所 贵阳 550002)

摘要 本文围绕与微细浸染型金矿有关的硅化、褐铁矿化、粘土矿化、碳酸盐化等蚀变标志,在黔桂地区进行了相关的地球化学和光谱信息研究。通过对岩矿的光谱特征、地球化学因子、TM 波段比值因子与地球化学因子的相关性等研究,探索从室内光谱数据中提取与金矿化密切相关的蚀变信息,并以此为依据做图象处理,取得了满意的结果。

关键词 围岩蚀变,微细浸染型金矿,地球化学信息,光谱特征信息提取,黔桂地区

1 引言

微细浸染型金矿是最重要的金矿类型之一,在我国主要分布于黔、桂、滇、陕、甘、川、湘、鄂等省区,并形成了黔桂滇、陕甘川两个“金三角”。

黔桂地区微细浸染型金矿受构造控制,矿体主要产于破碎带中,对于矿体与围岩肉眼难于区分,矿体边界靠化验品位圈定。矿床围岩蚀变表现为典型的低温热液蚀变,主要有硅化、褐铁矿化、黄铁矿化、毒砂化(地表氧化为褐铁矿)、粘土矿化、碳酸盐化等。

近年来,用航天遥感探测微细浸染型金矿已引起人们的关注。对其探测机理的研究就显得很重要。本文以室内光谱数据和地球化学数据为基础,对与金矿化有关的蚀变信息提取机理做一初步分析。

样品采自板其、丫他、高龙、隆或等几个有代表性的大中型金矿,样品共 46 件,并做了化学全分析,光谱测量(用 UV-365 型分光光度计测量)。

2 岩矿光谱特征

图 1 为矿区(包括氧化矿和围岩)和外围岩矿的典型光谱曲线,从中可以发现氧化矿与围岩的光谱曲线形态很相似,有较明显的吸收峰。在 1400nm 和 1900nm 处的吸收峰是岩矿中水(或羟基)引起的;2200nm 处的吸收峰是粘土矿物中 Al—OH 振动引起的;2350nm 和 2500nm 附近的吸收峰是碳酸盐矿物中 CO_3^{2-} 振动的结果;850—900nm 间

* 在工作中得到高来之,毛海海和庞亚军的支持与帮助,在此表示衷心感谢。

收稿日期:1995 年 6 月 13 日;收到修改稿日期:1995 年 10 月 23 日

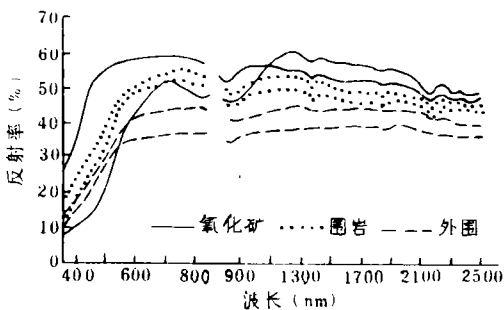


图 1 岩矿光谱曲线

Fig.1 Spectra of rocks and ores

的吸收带和 400—800nm 间反射率曲线斜率增大，都是 Fe^{3+} 引起的^[1-3]。外围岩石的特征谱带不明显，600—2500nm 间曲线平直。从总体看，400—2500nm 间，外围岩石的反射率均低于矿区，900—2500nm 间，氧化矿的反射率高于围岩。

3 岩矿成分因子的提取

黔桂地区微细浸染型金矿的岩矿成分是研究蚀变成分特征最直接的标志，如 SiO_2 含量的增加与硅化有关， Fe_2O_3 的增加与褐铁矿化有关， K_2O 、 Na_2O 和 Al_2O_3 的增加是粘土矿化的标志。而 CaO 和 MgO 含量的增加与碳酸盐矿物的富集有关。可单独利用化学成分数据较难准确地说明蚀变特征，而提取成分因子，相对而言，能较全面、准确地反映蚀变特征。表 1 为黔桂地区微细浸染型金矿及其外围岩矿成分因子对比表。

从表中可以看出：(1) 氧化矿与围岩相比，褐铁矿化(“红化”)因子(Fe_2O_3/FeO)、粘土矿化因子($K_2O+Na_2O+Al_2O_3$)都高于围岩，碳酸盐化因子($MgO+CaO$)氧化矿与围岩相同，均为 0.38%，而硅化因子(SiO_2)，围岩高于氧化矿，这反映出硅化过强对矿化不很有利。从我们的研究结果来看， SiO_2 含量在 70%—78% 之间对矿化

表 1 矿区和外围岩矿成分因子对比

Table 1 Comparing of the content factors of rocks and ores in ore and non-ore districts

成分因子	矿 区		外 围
	氧化矿	围岩	
SiO_2 (%)	77.74	79.10	60.32
$Na_2O+K_2O+Al_2O_3$ (%)	13.36	12.61	12.09
Fe_2O_3/FeO	8.45	5.86	1.47
$CaO+MgO$ (%)	0.38	0.38	4.80

最有利。(2) 矿区与外围相比， SiO_2 含量， $Na_2O+K_2O+Al_2O_3$ 、 Fe_2O_3/FeO 都高于外围，说明矿区的硅化、粘土矿化、褐铁矿化强度均比外围高，而 $CaO+MgO$ 的含量，外围(4.8%)却远高于矿区(0.38%)，这可能因为外围岩石有非蚀变成因的碳酸盐矿物存在。

4 TM 波段比值因子

众多的研究表明, TM 波段比值处理是一种有效的特征信息提取方法^[4-7], 如 TM5/7 能有效地探测含羟基粘土矿物和碳酸盐矿物, 这是由于它们在 TM7 波段的一系列吸收峰所致; TM3/1 能有效地识别褐铁矿信息, 这是由于褐铁矿在 TM1 到 TM3 波段具有极高的正斜率(Fe^{3+} 在 400—600nm 间); TM5/4 可区分植被与植被覆盖的土壤和岩石, 能突出褐铁矿化、硅化。

鉴于上述, 我们选择 3 个 TM 波段比值因子: TM5/7 用于识别粘土矿化和碳酸盐化; TM3/1 用于识别褐铁矿化(“红化”); TM5/4 用于识别硅化。

5 光谱特征信息提取

岩矿光谱特征信息提取, 是通过岩矿室内光谱数据模拟的 TM 波段反射率及其波段比值因子与蚀变成分因子的统计分析, 建立起二者的定量关系, 从而达到利用 TM 数据反映蚀变信息的目的。黔桂地区微细浸染型金矿的光谱特征信息提取过程如下:

5.1 TM3/1 与褐铁矿化(“红化”)因子的相关分析

TM3/1 与 Fe_2O_3 和 $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{FeO}$ 都显示出较好的相关性, 图 2 和图 3 是矿区岩矿 TM3/1 和 Fe_2O_3 及 $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{FeO}$ 的相关分析图, 其线性回归方程分别为:

$$\text{TM3/1} = 0.168\text{Fe}_2\text{O}_3 + 1.091 \quad \gamma = 0.652 \quad (1)$$

式中 0.168 为回归系数, 1.091 为常数项

$$\text{TM3/1} = 0.020\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{FeO} + 1.40 \quad \gamma = 0.571 \quad (2)$$

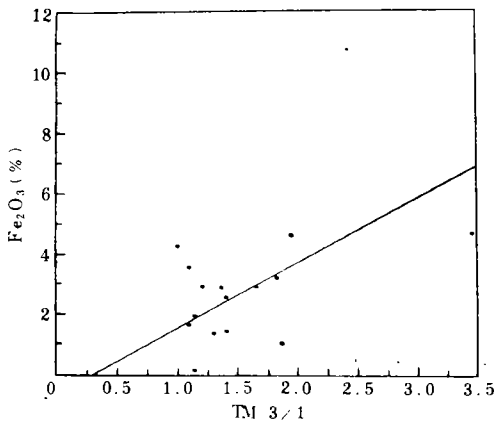


图 2 TM3/1 和 Fe_2O_3 的回归直线

Fig.2 Regression line of TM3/1 and the factor of Fe_2O_3

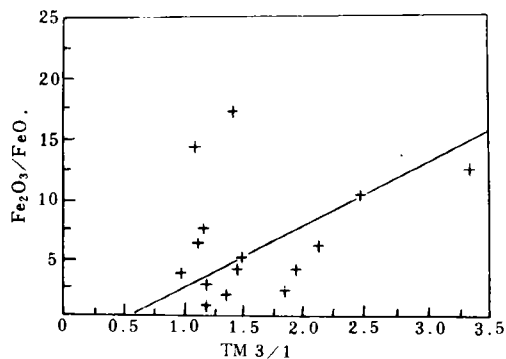


图 3 TM3/1 与 $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{FeO}$ 的回归直线

Fig.3 Regression line of TM3/1 and the factor of $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{FeO}$

上述表明：TM3/1 能较好地反映三价铁(Fe₂O₃)和“红化”因子(Fe₂O₃/FeO)的变化，故可以选择 TM3/1 来探测金矿区三价铁含量及“红化”强度。

5.2 TM5/7 与粘土矿化因子、碳酸盐化因子的相关分析

图 4 为 TM5/7 与粘土矿化因子(K₂O+Na₂O+Al₂O₃)的相关分析图，其回归方程为：

$$TM5/7 = 0.003(K_2O + Na_2O + Al_2O_3) + 1.01 \quad \gamma = 0.565 \quad (3)$$

它显示出较好的相关性，说明 TM5/7 在反映矿区与粘土矿化相关的化学成分变化方面是十分有效的。TM5/7 与碳酸盐化因子(CaO+MgO)呈负相关，但相关系数很低，说明 TM5/7 对碳酸盐化反映不够灵敏。

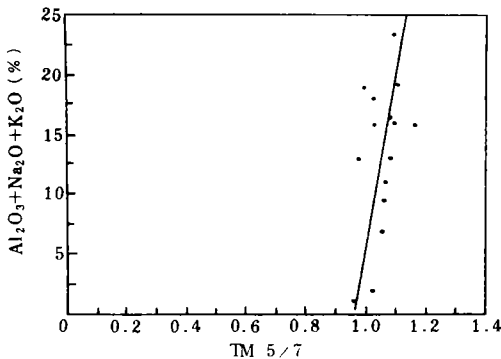


图 4 TM5/7 与 (Al₂O₃ + Na₂O + K₂O) 回归直线
Fig.4 Regression line of TM5/7 and (Al₂O₃ + Na₂O + K₂O)

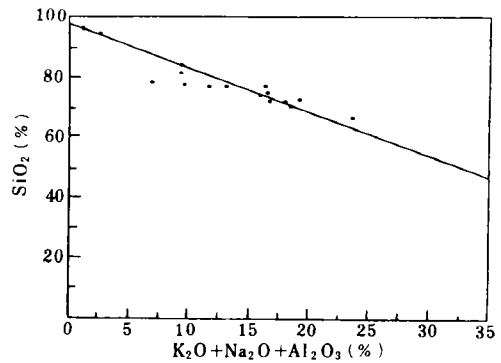


图 5 SiO₂ 与 (K₂O + Na₂O + Al₂O₃) 回归直线
Fig.5 Regression line of SiO₂ and (K₂O + Na₂O + Al₂O₃)

5.3 TM5/7、TM5/4 与硅化因子的相关分析

尽管石英(SiO₂)在可见-近红外范围内无特征光谱，但 SiO₂ 含量与粘土矿化因子有较高的负相关性(图 5)，其回归方程为：

$$SiO_2 = -0.736(K_2O + Na_2O + Al_2O_3) + 70.646 \quad \gamma = -0.937 \quad (4)$$

这一结论与硅化过强不利于矿化，而粘土矿化越强对矿化越有利的认识是相近的。既然粘土矿化能用 TM5/7 来反映，那硅化也可用 TM5/7 来反映(图 6)，其回归方程为：

$$TM5/7 = 0.03SiO_2 + 1.294 \quad \gamma = -0.503 \quad (5)$$

TM5/4 与 SiO₂ 含量也有较好的相

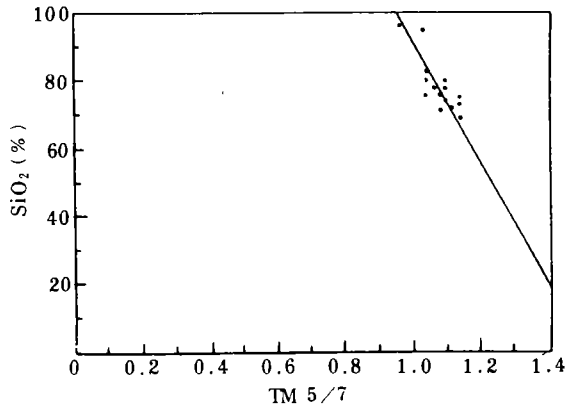


图 6 TM5/7 与 SiO₂ 回归直线
Fig.6 Regression line of TM5/7 and SiO₂

关系, 其回归方程为:

$$TM5/4=0.006 SiO_2+0.497 \quad \gamma=0.524 \quad (6)$$

因此, 可以选择 $TM5/7$ 、 $TM5/4$ 来探测与金矿有关的硅化蚀变。

6 图象处理与结果分析

图象特征信息的提取是建立在上述基础上的。由于各矿床的地质、地貌和蚀变类型的差异, 企图用一种方法提取全区的与金矿有关的蚀变信息是不现实的, 因此, 需采用多训练区、多方法进行处理, 才能达到目的。

虽然 $TM5/7$ 能增强粘土矿化信息, 但由于植被与粘土矿物具有相近的 $TM5/7$ 比值, 因而采用 $TM5/7$ 与 $TM4/3$ 做定向 KL 变换, 变换后的第二主成分为粘土矿化信息, 而植被信息集中在第一主成分上。图版 I 图 7 为巧马地区的第二主成分(R) + $TM4/3(G)$ + $TM2/3(B)$ 彩色合成图, 图中白色图斑为粘土矿化信息, 板其和丫他两个中型金矿与之吻合得非常好。

图版 I 图 8, 是峨劳地区 $TM3/1(R)$ + $TM4/3(G)$ + $TM5/4(B)$ 彩色合成图。因 $TM3/1$ 与 Fe_2O_3 含量成正比, 它反映 Fe^{3+} 的信息, 图中红色斑块为褐铁矿化信息, 经验证明, 有两个黄铁矿点和一个褐铁矿点与之对应。

此外, 还利用比值对硅化信息做了增强和提取。

利用各子区信息增强和提取的方法, 对整个研究区的蚀变信息进行了增强和提取, 提取出的各种蚀变信息均赋予红色, 并与 $TM(5, 4, 2)$ 彩色合图作底图进行叠合, 经几何精校后, 再加上公里网格、文字符号就完成了黔桂地区微细浸染型金矿蚀变信息分布图(图版 I 图 9)。

表 2 黔桂地区遥感异常采样测金分析结果

Table 2 Results of Au analysis of samples from remote sensing anomalies in Qian Gui area

异常名称	ZF				WLJ			DS
样 号	1	2	3	4	5	6	7	8
Au 含量(g/t)	8.31	3.50	0.025	4.00	0.35	0.31	2.12	0.050
异常名称	XW					WL		
样 号	9	10	11	12	13	14	15	16
Au 含量(g/t)	5.00	2.77	0.029	0.77	0.11	0.43	0.037	0.098

注: 由中国科学院地球化学研究所尹祚莹分析

图象处理后共发现面积大于 $0.1km^2$ 的异常 200 余处, 绝大多数已知金矿都有异常与之吻合, 如高龙、隆或、平塘、板其、丫他等金矿。此外, 我们对几个异常点进行踏勘检查, 多处见破碎带, 硅化、铁帽、粘土矿化很发育, 取样测金表明有金矿化(表 2)。

根据遥感异常, 结合地质、物化探资料, 共圈出 7 个大的找矿靶区。

由于与微细浸染型金矿有关的热液蚀变十分复杂, 上述的认识和结果只是初步的,

许多方面还有待深入研究。

参 考 文 献

- [1] Hunt G. R *et al.* Visible and near-infrared spectra of minerals and rocks: III. Oxides and hydroxides. *Modern Geology*, 1971, (2): 195— 205.
- [2] 杨柏林等. 岩石和矿物的反射光谱特征及其应用. *地球化学*, 1987, (1): 21— 26.
- [3] 地质部情报所编. 矿物岩石可见—中红外光谱及其应用. *遥感专辑(第一辑)*. 北京: 地质出版社, 1980, 15— 170.
- [4] 王润生等. 地质勘查图象分析与综合. 北京: 地质出版社, 1992, 86— 89.
- [5] 平仲良. 从陆地卫星 TM 数据提取胶东某地区某种金矿的围岩蚀变信息. *国土资源遥感*, 1993, 4: 42— 46.
- [6] 马建文. 陆地卫星 TM 数字图象提取热液蚀变信息. *遥感技术与应用*, 1992, 7 (4): 11— 15.
- [7] 赵元洪等. 遥感图象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, 9 (4): 296— 301.

作 者 简 介

陈赶良, 男, 1967年8月生, 1989年毕业于中国地质大学(武汉)矿床专业, 现为中国科学院地球化学所遥感应用专业在读研究生。已发表论文5篇。

Extraction Mechanism of Alteration Information on Fine-disseminated-type Gold Deposits in Qian Gui Area

Chen Ganliang Yang Bailin

(*Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Science*)

Abstract This paper studies the geochemical and spectral information on the “silification”, “lemonitization”, “clayization”, and “carbonatization” related to fine-disseminated-type gold deposits in Qian Gui area.

Four content factors are extracted on the basis of researching the rock-ore composition; three TM band reflectance ratio factors are extracted on the basis of researching the rock-ore spectral features, and the alteration information are extracted through correlation analysis and image processing.

Key words Wall-rock alteration, Fine-disseminated-type gold deposit, Geochemical information, Spectral characteristic Information extraction, Qian Gui area

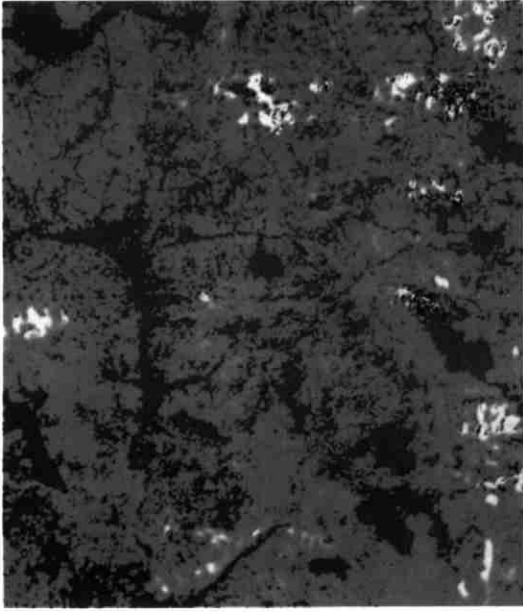


图7 巧马地区粘土矿化信息分布图

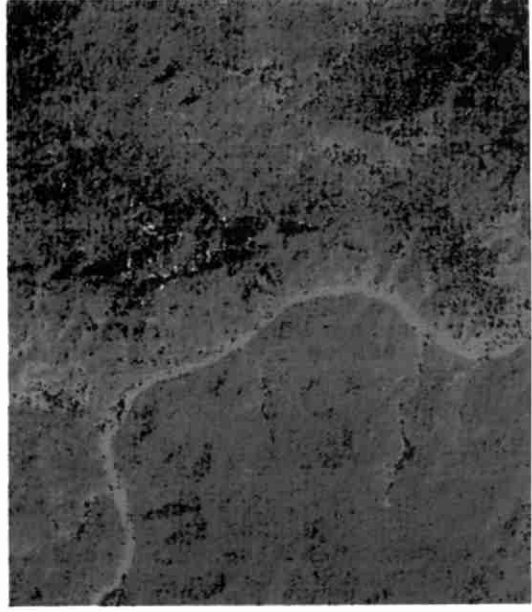


图8 峨旁地区褐铁矿化信息分布图

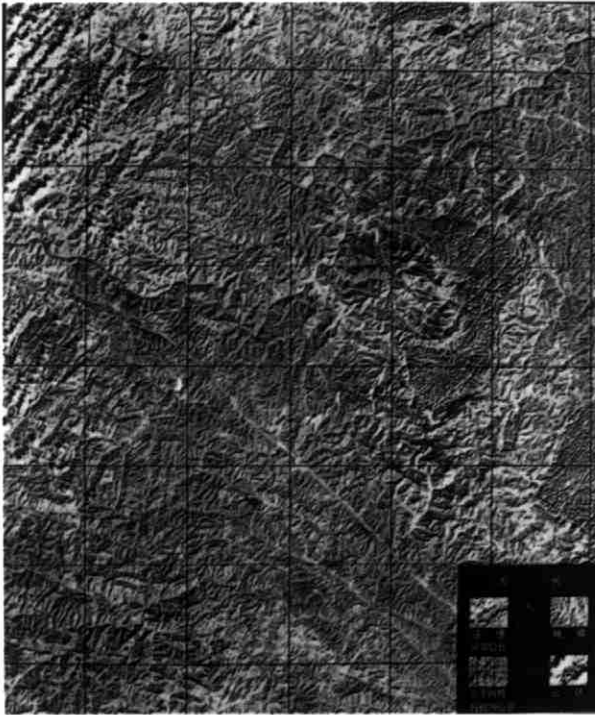


图9 黔桂地区与微细浸染型金矿有关的蚀变信息分布图