文章编号:1671-5888(2002)04-0359-05

溜河地区金矿找矿的遥感信息提取及研究

黄林日,姜建军

(吉林省有色金属地质勘查局,吉林 长春 130021)

摘要:在对溜河地区TM及SPOT遥感信息处理的基础上,提取了区内与金矿成矿有关的线性构造、弧形构造、韧性剪切带构造、环形构造及蚀变异常信息。这些成矿信息的复合部位为金矿成矿的有利环境。在区内划分出4处成矿远景区,通过野外验证发现两处金矿点,为溜河地区更深层次的金矿找矿提供了重要依据。

关键词:遥感图像处理;溜河;蚀变信息;金矿

中图分类号:P618.51 **文献标识码**:A

遥感信息在地质找矿中可以提供大量的地质素材,得到与成矿作用有关的控矿构造资料,还可以在适当条件下,提出与已知矿床产出特征有关的地物的同类标志信息区,例如矿化蚀变带等。遥感地质找矿的成效,关键在于合理选用遥感资料及图像处理方法,最大限度地提取和增强致矿信息。与成矿相关的遥感信息主要包括地层、岩石、构造和蚀变信息,其中构造信息和蚀变信息的提取及其与成矿关系的研究更为地学工作者所重视。这不仅因为地质构造在成矿方面的重要地位,还在于遥感中的构造信息提取是最为成功的;蚀变信息提取是目前国内外学者十分重视的课题,并取得了不少成果[1,2]。通过对溜河地区TM及SPOT图像的数据处理及地质解译,提取了区内与成矿有关的构造及蚀变信息,研究了这些信息与金矿成矿作用的关系,提出了重点找矿区段,取得了较好的找矿效果。

1 概 述

溜河地区位于华北地台北东段与吉黑地槽褶皱系交接部位的台区一侧,主体上属吉林省东部会全栈太古宙穹隆构造的东南部分。该区地质构造复杂,植被较发育,在处理的一些TM及SPOT遥感图像上,一些影像异常较好地揭示了区内的地质构造特征,新发现了一些规模较大的脆性—脆韧性及韧性剪切带构造。同时根据区内已知矿化蚀变带的影像特征及数据特点,应用去植被掩膜等技术方法,能够较好地提取区内的蚀变异常信息,为进一步找矿服务。区内属太古代高级变质区,主要岩石类型为太古代变质表壳岩、片麻岩、TTG岩组、二长花岗岩及花岗岩(图1)。此外,本区东北部有燕山期五道溜河岩体及南部少量的新生代玄武岩出露。太古代表壳岩为区内最古老的岩石,主要由暗色麻粒岩、角闪变粒岩、斜长角闪岩、角闪斜长片麻岩、浅粒岩及磁铁石英岩等组成。据同位素资料,这套岩系形成于3 000～3 400 Ma范围内[3];太古代片麻岩主要由黑云斜长片麻岩、角闪黑云斜长片麻岩及黑云二长片麻岩等组成。据报道在会全栈一带片麻岩中采集的样品Rb—Sr全岩等时线年龄为(2 972±190) Ma[4],TTG岩组岩石类型有奥长花岗岩、英云闪长岩及花岗闪长岩,岩类界线为渐变,它侵入了区内片麻岩并被后期的二长花岗岩侵入;区内二长花岗岩侵入为太古宙最强烈的一次岩浆活动,强度大,影响范围广。岩石以二长花岗岩为主,花岗岩、钾长花岗岩为次,彼此为相变关系。该单元侵入了上述太古代上壳岩、片麻岩及TTG岩组,岩石变形强,局部应力集中地段形成糜棱岩及片理,运动机制以水平走滑为主,有利于金的活化、迁移及富集成矿,本区新发现的六批叶金矿为此类型;区内还分布两处时代不明的花岗岩,其可能在二长花岗岩之后形成。燕山期五道溜河岩体,主要由花岗岩构成,为

收稿日期:2002-04-15

基金项目:"九五"有色遥感技术应用研究重点项目(98-RS-01)

作者简介:黄林日(1964-),男,吉林省农安县人,高级工程师,博士生,主要从事遥感地质找矿研究.

一具多期活动、连续演化的复式岩体。区内矿产以近年来新发现的中一大型六批叶金矿床为典型代表,此外在三道溜河至头道溜河间还有一些金矿点及矿化点分布。

2 遥感信息处理

2.1 TM与SPOT图像融合处理

TM影像的象元分辨率为30 m,在比例尺大于1∶5万的遥感图像上,这种分辨率已不能满足地质调查及找矿的实际需要,必须结合分辨率较高的SPOT影像。由于单波段全色方式的SPOT影像象元分辨率为10 m,采用TM与SPOT影像融合的方法,将大大提高遥感图像的分辨能力和精度,更有效地获取有关的遥感信息。

本次进行TM与SPOT影像融合的主要步骤为:(1)对TM与SPOT影像进行有效的配准。即将TM数据放大成与SPOT影像全色波段几何分辨率相等的影像,通过足够的对应点控制,将TM影像配准到SPOT影像上;(2)根据遥感图像合成原理及三波段优选组合模式,确定TM7(R)、TM4(G)、TM1(B)三波段彩色合成,同时应用计算机将TM741图像数据由RGB空间进入IHS空间;(3)用SPOT全色波段代替Ⅰ,再返回RGB空间,形成分辨率较高的1∶2.5万TM与SPOT融合图像[5]。这样获得的高分辨率彩色图像,具有与原始影像相同的色度和饱和度,并具层次分明、地质信息丰富等特点,对于区分岩性(地质体)和地质构造解译效果良好,以此为基础建立的各种遥感解译标志具很强的代表性。

2.2 蚀变异常信息处理

矿化蚀变信息是指导找矿的重要信息,在本次研究中,主要采用"多元数据分析+比值+主成分变换+掩膜+分类分割"的技术方法[1]。具体过程主要为选取突出含氢氧根、铁的氧化物及碳酸根矿物的TM7、TM1、TM3、TM4、TM5波段的PC3,TM1、TM4、TM5、TM7波段的PC4,及TM5/7、TM4/3经KL变换的PC2等因子,作主成分分析,并对比已知矿化区及蚀变带的数据特点,选取含信息量最大的PC1通过空间滤波及非监督分类处理[6],去掉与蚀变无关的信息,从而形成只有蚀变异常晕的彩色图像,再将该图像与TM7的黑白图像叠加在一起,生成最终的蚀变信息提取图像。在本区采用这种方法取得了较好的效果,区内几处重要的金矿床、金矿点大都落在蚀变晕圈内或边部附近,且这些蚀变异常与区内Au、Ag、Cu等多元素的化探异常具较好的吻合性,说明这种蚀变信息主要由矿化蚀变岩及构造破碎带中含粘土矿物较高的构造蚀变岩等引起。

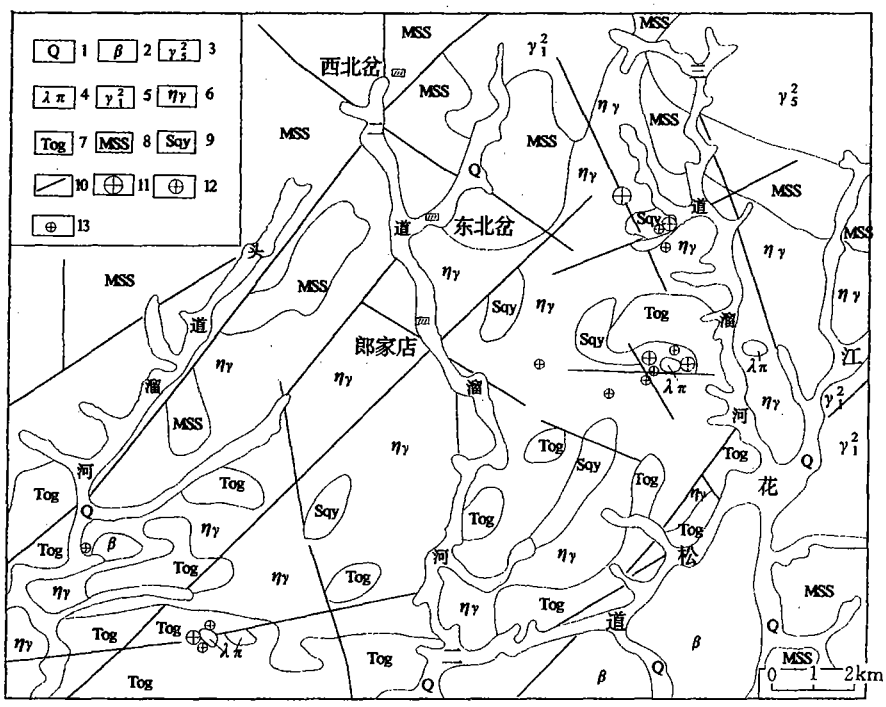

图1 溜河地区区域地质略图

Fig. 1 The geological map of Liuhe district

1.第四系;2.新生代玄武岩;3.燕山期花岗岩;4.燕山期石英斑岩;5.太古代花岗岩;6.太古代二长花岗岩;7.TTG岩组;8.太古代片麻岩;9.太古代上壳岩;10.断裂构造;11.金矿床;12.金矿点;13.金矿化点

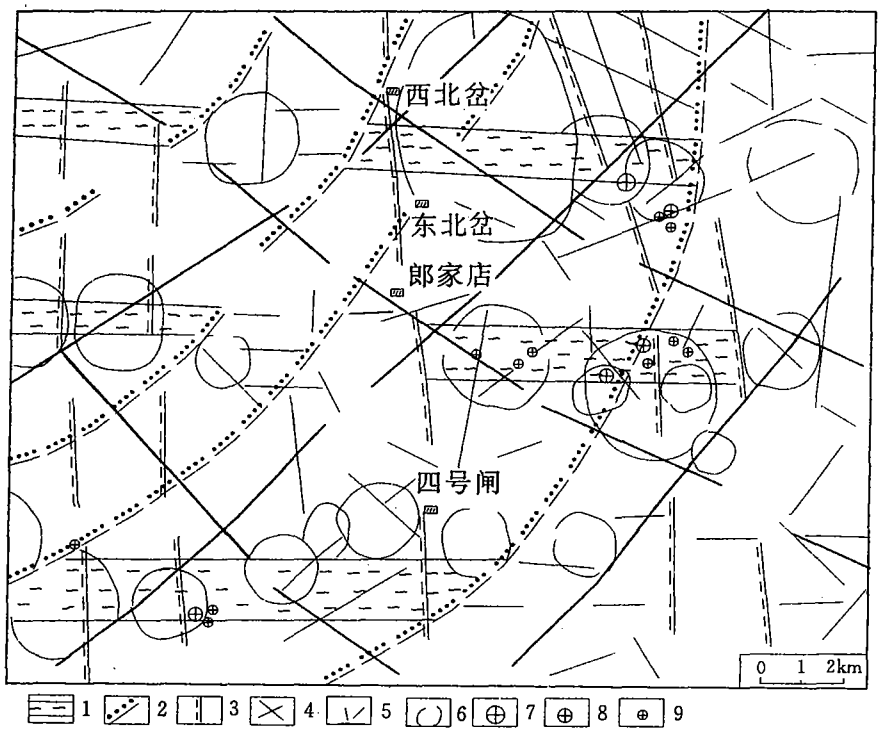

图 2　溜河地区遥感解译构造与金矿分布关系图

Fig. 2　The map of interpretation and gold deposits distribution in Liuhe district

1. 韧性剪切带构造；2. 弧形构造；3. 南北向韧－脆性断裂构造；4. 北东、北西向脆性断裂构造；5. 次级线性构造；6. 环形构造；7. 金矿床；8. 金矿点；9. 金矿化点

3　与金矿相关的信息提取

3.1　构造信息提取

根据对区内 TM、SPOT 遥感图像的地质解译，在区内划分出 3 条北东向、3 条北西向及 5 条近南北向主干线性构造(图 2)。野外调查表明，北东、北西向主干线性构造为区内规模较大的以压扭性为主的脆性断裂构造。近南北向主干线性构造为以扭性为主的韧－脆性剪切带构造；区内发育有 4 条向南东突出、近同心圆状的弧形构造，这些弧形构造在区域上属会全栈环形构造的南东部分[7]，整体上显示会全栈穹隆构造增生发展的构造形迹，内弧形成较早，外弧形成较晚。野外调查证实这些弧形构造主要为脆－韧性剪切带，并显示基底滑脱构造特征；在一些增强图像上，区内还解译出 3 条不连续展布、近等间距的韧性剪切带构造。带内岩石发生了较强烈变形，S－C 面理发育，C 面理大都沿东西向展布，石英定向拉伸、眼球状、扁豆状长石碎斑、不规则小揉皱等韧性变形现象普遍，并在一些地段还叠加了一些规模较小的近东西向脆性断裂构造。在遥感影像上，这些韧性变形构造以一些微弯不连续的短线型及蠕虫状线性体显示出来；区内共解译出大小不等的环形构造 20 余个，这些环形构造直径大都在 1～3 km 左右，从成因机制看，这些环形构造主要为太古代岩石中的穹形构造、岩浆侵入体、隐伏侵入体、隐爆角砾岩体及环状裂隙或断裂形成。其中太古代岩石中的穹形构造，表现为太古代岩石中的片麻理走向沿近圆形构造周边呈同步变化规律，是太古代古老地层中由底辟作用形成的上穹构造。此外，区内还发育一些不同方向的次级线性构造，它们大多为规模较小的断裂构造，局部可成为含矿物质富集的有利场所。

3.2　蚀变异常信息

由区内蚀变异常信息分布图(图 3)可见，区北部的六批叶金矿床及南部的头道溜河金矿都发育在蚀变异常内或边部附近。中部的三道溜河区金矿由于地面开采范围大，主要在西部有较好的异常显示，而且大部分蚀变异常与 1∶5 万分散流及 1∶1 万次生晕金等多金属异常的吻合性较好。此外，这些蚀变异常的分布与区内各种地质构造有密切联系，区内 30 余处的蚀变异常发育主要受北东向、近南北向主干线性构造、东西向韧性剪切带构造及弧形构造控制，并多数发育在环形构造内部及边部附近。可见，这些蚀变异常信息与区内的构造岩浆活动及成矿作用有一定的联系，是指示找矿的重要标志。

通过野外调研，在区中南部二道溜河—三道溜河的蚀变异常发育地段，发现一条长约 6 km 的北东东向构造蚀变带，该带与区内三处蚀变异常的展

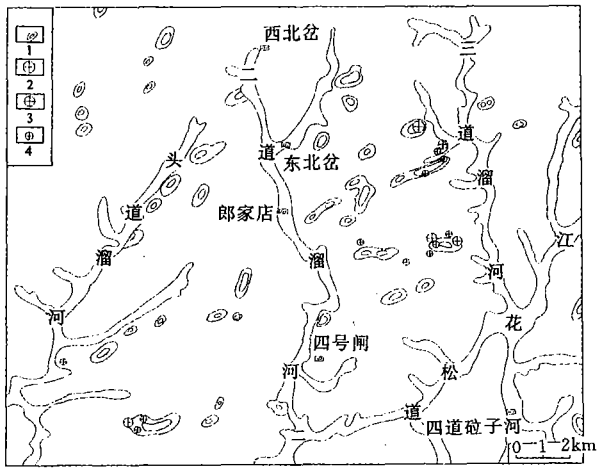

图3 溜河地区遥感图像蚀变信息分布图

Fig. 3 The distribution of TM altered information in Liuhe district

1. 蚀变异常;2. 金矿床;3. 金矿点;4. 金矿化点

布及延伸方向基本吻合。经进一步工作,在带内发现一处含金品位较高的金矿点,矿体严格受北东东向构造带控制。此外,在三道溜河金矿区南部冰湖沟一带的蚀变异常内,发现一近东西向的矿化蚀变带,经取样分析,金达工业品位以上,为区内金矿找矿提供了重要线索。野外验证表明,区内这些蚀变异常发育地段,主要为矿化及热液蚀变引起,少数为含水较多的粘土层及含铁较高的磁铁角闪岩等。

4 成矿特点及找矿方向

综合研究表明,本区成矿作用过程与阶段性的区域大地构造演化有密切联系。本区在太古代漫长的地史演化中,首先由于区域构造应力作用,在较软弱的地壳上产生了一些近东西向韧性剪切带构造及稍晚形成的脆一韧性弧形构造。这些构造造成了早期金等成矿元素的初步富集,并为后来的成矿作用奠定了基础,表现在区内已知金矿化较好地段及金等多元素的化探异常主要分布在区内的东西向韧性剪切带及最外侧两个弧形构造围限的区域内。显生宙以来形成的近南北向、北东向和北西向韧一脆性及脆性断裂构造,为进一步成矿元素的运移和富集提供了空间和通道,并在有利环境下可形成规模较大的矿体。例如,本区的六批叶金矿床便属此例。一些较晚形成的次级线性构造,多为规模较小的断裂构造,在有利部位可形成含矿或容矿构造,如本区的三道溜河、头道溜河金矿,矿体主要赋存在一些近东西、北东及北西向的次级断裂中。区内环形构造,主要为构造岩浆活动的产物,在一定条件下,是使成矿元素发生活化和迁移的必要条件;经TM数据处理提取的蚀变异常信息,主要反映了区内金矿化的蚀变特征,与区内构造岩浆活动及成矿作用关系密切,为找矿的重要标志。由此可见,区内经遥感地质解译及数据处理提取的线性构造、弧形构造、韧性剪切带构造、环形构造及蚀变异常等尽可能多的有利成矿信息的复合部位或附近地段,为金矿成矿的有利环境或场所。

根据对区内的遥感地质解译成果,配合地球物理、地球化学的一些有关异常显示,在野外调查及取样分析的基础上,在区内划分出4处成矿远景区,即六批叶沟外围区、三道溜河冰湖沟区、二道溜河岗顶区及三合屯东南区,并指出了远景区内的重点找矿区段。经野外调研,在前两个远景区内发现两处金矿点,其中一处刻槽取样金品位达10×10^{-6}以上,目前有关部门正在该区进一步普查。总之,本次遥感地质找矿取得了一定的找矿效果,为溜河地区更深层次的金矿找矿提供了重要依据。

5 结 论

综上可见,运用遥感信息指导找矿具有简捷、快速、有效的特点。通过对溜河地区遥感构造及蚀变信息提取及其与金矿成矿关系的研究,提出多种有利成矿构造及蚀变信息的复合部位为金矿找矿的重点区段,指出了区内的找矿方向,并取得了较好的找矿效果。多种信息复合技术是目前地学找矿的主流,只有在综合研究区域成矿背景、地球物理及地球化学场特征的基础上,才能更准确地分析和提取与金矿相关的各种遥感信息,更好地利用这些有用信息指导找矿。

参考文献:

[1] 张远飞,吴健生. 基于遥感图像提取矿化蚀变信息[J]. 有色金属矿产与勘查,1999,**8**(6):604-606.

[2] 黄林日,姜建军,张文启,等. 辽西建平北部金矿TM信息提取及成矿预测[J]. 长春科技大学学报,2001,**31**(4):345-348.

[3] 张秋生. 中国早前寒武纪地质及矿产[M]. 长春:吉林人民出版社,1984.

[4] 刘大瞻,刘跃文. 三道溜河地区太古宙岩浆一构造事件[J]. 吉林地质,1994,**13**(3):46-54.

[5] 童庆禧. 中国典型地物波谱及其特征分析[M]. 北京:

科学出版社，1990.
[6] 陆军. 陆地卫星影像亮度值在找矿预测中的应用[J]. 矿产与地质，1987，1(3)：49－56.
[7] 刘允良，刘连登，单汝俭. 夹皮沟地区北西向金矿带控制构造的遥感图像研究[J]. 长春科技大学学报，2000，30(增刊)：22－26.

STUDY OF THE REMOTE SENSING INFORMATION EXTRACTION AND GOLD ORE PROSPECTING IN LIUHE DISTRICT

HUANG Lin-ri, JIANG Jian-jun

(*Nonferrous Geology Survey Bureau of Jilin Province, Changchun* 130021, *China*)

Abstract: Based on the process of TM and SPOT remote sensing information in Liuhe district, a lot of information relating to the metallization are extracted, which include linear structure, arc structure, ductile shear zones, circular structure , altered abnormality, etc. The superimposition of the valuable ore－forming information is advantageous area to the gold mineralization. Four predicting districts have been selected and two gold spots have been found among the predictive. Targets, and which has provided reliable base for the next prospecting in Liuhe district.

Key words: remote sensing image process; Liuhe; altered information; gold deposit

短　文

次变铬尖晶石的鉴别

马　丽　艳

(吉林大学 材料学院，吉林 长春　130026)

我国天山—阴山纬向构造带内，产于超镁铁岩中的某些铬铁矿体具有特殊的矿物组合，其造矿矿物并非原生的铬尖晶石，而是一种经受热液改造后的产物，按成因本文称为“次变铬尖晶石”。矿石中常具有包含结构。当原生和次变矿物共存时，内核为原生的造矿铬尖晶石，外部为次变铬尖晶石所包围，两者的依存关系在矿石中普遍可见。

该矿物镜下光学鉴定十分困难，单偏光镜下不透明，反射率(R)介于 18.80～2.10 之间，与磁铁矿无异，其它物理性质亦与磁铁矿类同，具磁性。该矿物的鉴别需根据矿石、矿体的结构构造与矿物组合的综合分析，其鉴别特征为：(1)在原生和次变铬尖晶石并存的情况下，该矿物具有明显的包含结构。这种结构在所研究的矿区内普遍存在。(2)具有特征的矿物组合：次变铬尖晶石的存在必有斜绿泥石出现，这种斜绿泥石，偶具异常的紫红或军绿异常干涉色，这种异常干涉色是斜绿泥石 $\rho(Cr_2O_3)>2\%$ 的鉴别特征。常见的斜绿泥石干涉色呈一级灰，易误认为蛇纹石，此时差热或红外分析均可准确识别。如原生铬尖晶石全部被改造，次变铬尖晶石与斜绿泥石的伴生均普遍存在。(3)次变铬尖晶石镜下普遍具有麻面结构。麻面反射率低，负突起。呈负突起矿物均为斜绿泥石。(4)凡由次变铬尖晶石组成的铬矿体，其周边均被厚薄不一(一般为 1～10cm)的浅灰或浅绿色层状硅酸盐矿物包围，矿山工作者习惯称之为“鸡蛋壳”，鉴定表明该壳的组成亦均为斜绿泥石，且毫无例外。

通过本例的研究，笔者认为，疑难矿物的镜下鉴定，不应只限于光学和晶体形态的鉴定，综合考虑矿石和矿体产出的特征并运用矿物和地球化学的理论和知识分析其存在的科学性是重要和有效的。对比 8 个矿区中的次变铬尖晶石与原生铬尖晶石的化学组成，次变铬尖晶石中的 Al 原子数明显低于原生铬尖晶石，其缺损幅度介于 12.9%～14.8%之间(按原生铬尖晶石中的 Al 为 100%)，该缺损的 Al，即为次生绿泥石矿物 Al 的来源。绿泥石的出现与贫 Al 的铬尖晶石的存在均为原生铬尖晶石次变过程中元素再分配的结果。按巴甫洛夫铬尖晶石的分类，次变铬尖晶石的定名应为高铁铬铁矿。