

新疆北部地区含金地质体 遥感信息及光谱特征

刘子贵 李钦雄

(中国科学院兰州地质研究所, 兰州 730000)

提 要 新疆北部地区泥盆—石炭纪为地壳拉张期, 形成大规模洋壳建造, 并形成该地区固体矿产的主要矿源层。本文利用重、磁、波谱资料进一步为此论点提出、佐证。同时, 通过对金矿地质体地物波谱的测试和研究, 为利用遥感技术直接勘探金矿提出理论依据。

关键词 泥盆—石炭纪 重、磁、异常 地层 含金地质体波谱特征

第一作者简介 刘子贵 副研究员 57岁 遥感地质

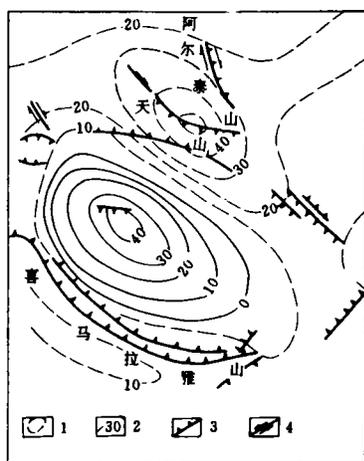
北疆地区处于准噶尔—天山洋壳板块内, 根据资料分析, 分布在阿尔泰造山带南缘、东西准噶尔造山带、北天山、乃至东天山造山带的泥盆—石炭纪的火山—沉积建造(包括此时期形成的基性—超基性、中性和酸性深成岩)共同组成了北疆地区金矿的矿源层, 甚至也是主要金属矿产的矿源层。

对此, 我们将从重、磁、地物波谱等资料作进一步的讨论。

1 卫星重力异常与深部构造活动

根据 Kaula(1972)编帛的卫星重力异常图(图1)分析, 我国新疆地区呈北西方向的负异常, 而青藏高原呈北西方向的正异常, 前者被解释为是地壳拉张、变薄、下陷所致, 后者为地壳挤压、增厚、隆起而成, 又据北疆地区古生代建造特征, 认为该地区在古生代是由地幔上隆形成的弧型拉张裂陷槽, 直至海西晚期海槽挤压为陆。这种挤压状态延至到中生代。

上述地质背景资料分析, 不仅为北疆地区的形成演化提出了地质构造的背景资料, 也



1. 重力异常 2. 等值线 3. 逆断层 4. 平推断层

图1 我国西部卫星重力异常与构造图
(据中国科技大学黄培华资料)

Fig. 1 Satellite anomaly and tectonics
of West China (After Huang Peihua)

为解决该地区地质构造发展史的地球动力学问题找到了根据。

虽然，卫星重力异常所反映的全部含义尚不完全清楚，但它反映的地壳深部构造活动，即地幔上涌，地壳拉张变薄，从而使上地幔和地壳硅镁层重金属物质被带为地表，在泥盆—石炭纪形成了固体矿产的矿源层却是无疑的。

2 上古生代以来重、磁资料反映的地层含矿性

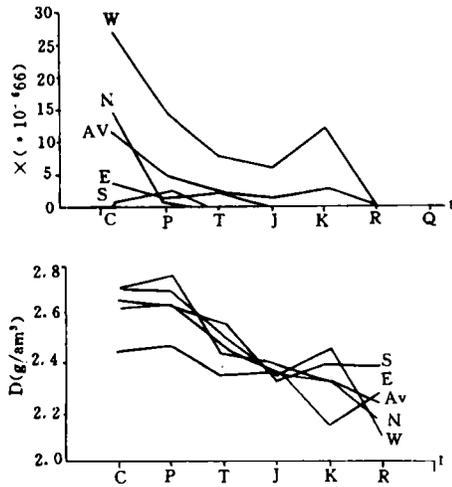
重力、磁力所反映的是地质结构的密度、含铁性的一种象征，也间接地反映出其含矿性。图 2 是准噶尔周缘不同地段，不同时代地质块体的重力(地体密度值)、磁力(地体磁化率)相关图。由图得知，不同时代的岩石建造与其重力、磁力关系密切，即重、磁力随时代的变新而降低。虽然，上述规律具有地区专属性和统计规律性质。但在某种意义上讲也可从其建造特征与其重、磁关系反映出北疆地区地质演化的总趋势。即从上古生代以来(主要指泥盆纪至由新生代)北疆地区总体上由拉张成海，深部物质上涌到晚期挤压为陆的演化过程。

同时，也反映了在这个阶段不同时代地层的含矿性。这是因为磁力(磁化率)主要反映物质的含铁性，一般含铁高，磁化率强；重力(密度)反映了物质的含矿性及压实情况，也间接的反映了某一建造层的含矿特征。

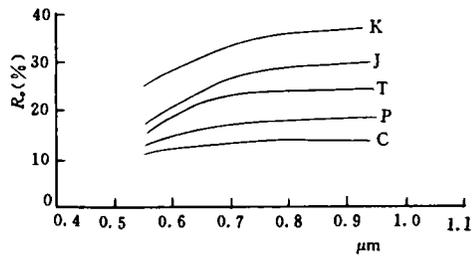
3 不同时代地层反射光谱反映的建造特征

反射光谱是地物对太阳光反射能力的记录，也是可见光波段所有遥感图象色调的反映，为了准确地解释准噶尔盆地及其周缘造山带岩性，构造的成象机理，我们对准噶尔盆地及其周缘山系不同时代地层具有代表性岩石进行了地物光谱的测试和研究，测试结果如图 3

所示，该图表明，在可见光波段(反射光谱)不同时代地层(指具有代表性岩石、岩性)与反射光谱的相关特征，很明显光谱反射率随地层时代由老到新而逐渐升高，特别在 0.55μm



X. 磁化率 D. 密度 C. 石炭系 P. 二叠系 T. 三叠系 J. 侏罗系 K. 白垩系 R. 第三系 W. 西部 N. 北部 E. 东部 S. 南部 AV. 平均值
图 2 磁力、重力与不同时代地层关系曲线
Fig. 2 Relationship of magnetic force and gravity force of strata with different ages, North Xinjiang, China.



C. 石炭系 P. 二叠系 T. 三叠系 J. 侏罗系 K. 白垩系
图 3 不同时代地层的大量有代表性之岩石(岩性)多次测量的综合平均反射率曲线
Fig. 3 Spectral reflectance curves of strata with different ages in North Xinjiang, China.

~0.8μm 更为明显, 根据这种关系可以推断, 上古生代地层(或岩性)含暗色矿物(辉石、角闪石、黑云母、含铁矿物等)较多, 而中新生代含浅色砂物(石英、长石等)相对增多, 从而导致了光谱反射率由老至新而升高。这种光谱反射率的变化不仅对遥感图象上的古生代地层, 中、新生代地层的图象解释提供了依据。而且也为其不同时代地层的含矿性提供了信息。

表1 泥盆—石炭纪火山—沉积建造特征表

Table 5 Characteristics of Devonian Carboniferous volcanic sedimentary formations

时代	西 准 噶 尔					东 准 噶 尔								
	大地构造性质	建造	厚度 (m)	火山喷发强度	金丰度 (ppb)	大地构造性质	建造	厚度 (m)	火山喷发强度	金丰度 (ppb)				
C ₃	玛依力山—加依尔山陆缘裂谷—岛弧型优地槽	中、基性火山岩	681 2200	●	60 —200	克拉麦里山	台型湖泊	碎屑岩	1507	●	?			
C ₂	陆源碎屑岩中、基性火山岩	—	875 — 3491		30 — 60	克拉麦里山	岛弧优地槽	碎屑岩火山岩	380			2300~ 5700 1700~3100		
							台型大陆架	碎屑岩、灰岩	480					
							台型湖沼	碎屑岩、煤	218					
C _{1c}	巴尔鲁克山—玛依力山—加依尔山滨海地槽	正常碎屑岩夹凝灰质碎屑岩, 具复理石的律层	956 1722		?	20	克拉麦里山台型大陆火山弧	火山岩夹碎屑岩	?			?	?	?
C _{1b}	?	?	?			50	南明水—莫钦乌拉陆缘裂谷—岛弧优地槽	碎屑岩夹炭质页岩和煤线	碎屑岩火山岩夹灰岩			?	?	0.2~21.4 (235)
C _{1a}	地中海型冒地槽	凝灰质碎屑岩、正常碎屑岩夹灰岩	1830			?	?	地中海型冒地槽	凝灰岩碎屑岩夹灰岩			548 6136	?	?
D ₃	火山正常碎屑岩、类复理石	>6000	67 94 (379)			克拉麦里克山—考克蓝山海滨地槽	阿尔曼特山—北塔山深海盆地—洋中脊优地槽	碎屑岩夹灰岩、生物灰岩	凝灰质碎屑岩夹灰岩			345~ 2480 117	?	0.3~450 (340)
D _{2b}	巴尔鲁克山—加依尔山滨海地槽	凝灰质碎屑岩、凝灰岩	1200		25 —32 (6)	?	?	火山岩夹砂岩灰岩	310~ 2840			?	0.2~65.7 (121)	
D _{2a}	正常—火山碎屑岩夹碳酸盐岩	910	?		?	?	碎屑岩夹生物灰岩	火山岩夹碎屑岩灰岩	1220~ 2310 204			?	?	

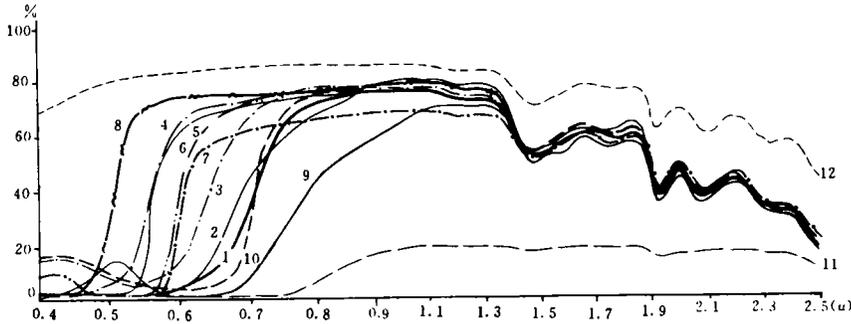
(据焦生瑞等资料)

上述卫星重力异常, 不同时代地层光谱反射率; 重力、磁力等资料反映了准噶尔—天山洋壳板块地层的含矿性及地质背景。

根据有关资料证实, 阿尔泰南缘分布的中泥盆统阿尔泰镇组(D₂^a)、中泥盆统北塔山组(D₂^b)和上石炭统喀拉额尔齐斯组(D₃^a); 西准噶尔中泥盆统的巴尔雷克组(D₂^b)、中上石炭统的太勒克组(C₂²⁻³); 东准噶尔中泥盆统北塔山组(D₂^b), 中泥盆统蕴都卡拉组(D₂^c); 东延至与天山的下泥盆统大南湖组(D₁^d), 下石炭统雅满苏组(C₁^e), 中石炭统梧桐窑子组(C₂^e), 中石炭统沙泉子组(C₂^{sh})等均为一套海相、或海陆交互相基性、中基性火山熔岩、火山碎屑岩、凝灰岩、正常碎屑岩、粉砂岩、炭质泥岩、碳酸盐岩等, 反映了岛弧、边缘海拉张时形成的建造特征。这种建造的金丰度与火山活动密切相关(表1)。

4 含金地质体光谱信息

含金地质体包括构造和建造两部分，构造已有成熟的图象识别特征及成矿意义，而建造的光谱信主要包括与金矿成矿关系密切的彩色地质体，它们是：



1. 深棕 2. 浅棕 3. 青莲 4. 枯黄 5. 桃红 6. 红 7. 深红 8. 黄 9. 绿 10. 蓝 11. 黑 12. 白

图 4 色标在可见光至近红外波段的反射光谱曲线

Fig. 4 Spectral reflectance curves of colour mark

4.1 浅色岩系列

与金矿关系密切的一般有硅质岩建造、碳酸盐岩建造、花岗岩建造、长英岩建造、凝灰岩、高岭土等建造。与此建造有关的金矿类型有石英脉型、火山岩型、热液型、挤压破碎蚀变岩型等。

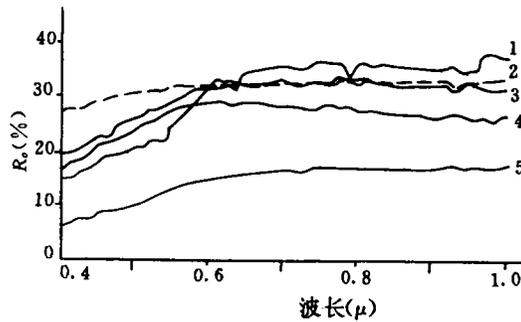
4.2 红色岩系列

一般指高含铁的氧化物、氢氧化物(如褐铁矿、赤铁矿、针铁矿、黄钾铁矾等)。“铁帽”等表生蚀变矿物、红土、红色砂岩建造等。红色岩系，不仅是含金地质体在地表的找矿标志，而且也是红土型金矿的直接显示。因而，这种含铁的红色建造也是找金的主要地质体。

4.3 绿色岩系列

绿色岩系列一般包含有绿泥石、阳红石、绿帘石、钠长石、黑云石等组成的绿岩。它们绝大部分是由基性或富钠基性岩类变质而成。在绿色岩系中往往赋存铁、及有色多金属矿，国内外许多大型—超大型金矿也都发育在绿色岩相中，被称为绿岩型金矿。

4.4 深色岩系列



1. 浅红色白云母花岗岩 2. 黑云母花岗岩
3. 白云母花岗岩 4. 花岗闪长岩 5. 辉长-辉绿粉岩

图 5 火成岩的反射光谱

Fig. 5 Spectral reflectance curve of igneous rock

由基性、超基性岩,低含铁锰矿物、炭质岩、石墨等组成的岩系一般色调较深,这些深色岩系含有较高的铁质及炭质,多形成多种类型大型—超大型金矿。如前苏联的穆龙套金矿,我国不断发现的碳、硅、泥型金矿、含炭陆源细碳屑岩型金矿等都与这些深色岩系有着密切的关系。

其中,深色、绿色岩系又往往形成金矿的矿源层。

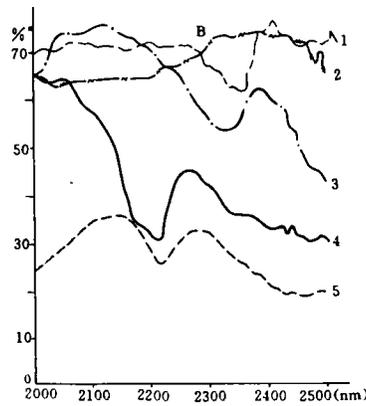
表2 北疆地区不同侵入岩的金丰度

Table 2 Au abundance of various intrusive rocks in North Xingjiang

岩性	金丰度(ppb)	地壳同类岩石平均金丰度(ppb)	高出倍数
基性—超基性岩	102	6	17
中性岩	55	4	15
酸性岩	83	4	20

(据焦生瑞等资料编制)

为了从可见光至近红外波段的各种遥感图象上提取这些彩色含金地质体,我们对12种不同颜色的色标进行了反射光谱的测试(图4),反射光谱曲线表明:(1)除白色和黑色色标外,其他彩色色标只在可见光波段($0.4\mu\text{m}\sim 0.76\mu\text{m}$)有明显分异。近红外波段($0.76\mu\text{m}\sim 2.5\mu\text{m}$)却难以区分;(2)深色及浅色在整个波段($0.4\mu\text{m}\sim 2.5\mu\text{m}$)却有差异,而以可见光波段最为清楚;(3)彩色色标在可见光波段的明显差异是黄红色在黄红光波段($0.6\mu\text{m}\sim 0.7\mu\text{m}$)反射率高,兰绿色在蓝绿光波段($0.5\mu\text{m}\sim 0.6\mu\text{m}$)反射率高,红色在红光波段($0.7\mu\text{m}\sim 0.8\mu\text{m}$)反射率高等。根据以上对彩色色标的测试结果,可以看出与金矿关系密切的多种彩色含金地质体,可以其特有的光谱特征在遥感图象上识别出来。



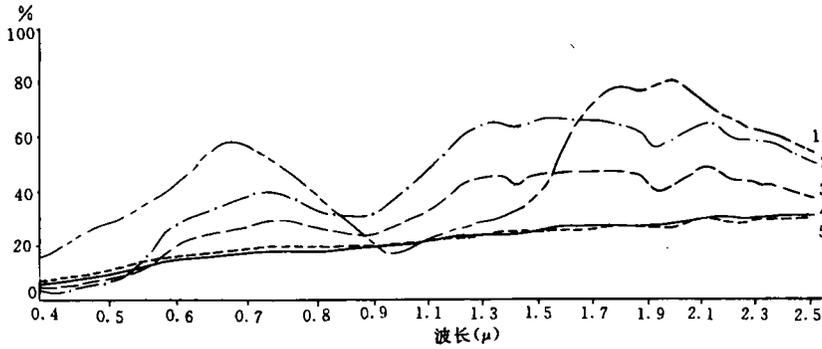
1. 石英 2. 大理石 3. 白云岩 4. 高岭土 5. 蒙脱石

图6 硅酸盐岩、碳酸盐岩、粘土矿物代表性矿(岩石)的反射光谱曲线

Fig. 6 Spectral reflectance curves for representative minerals, such as silicate, carbonatite, clay mineral

5 不同侵入岩光谱信息

大部分侵入岩的侵入活动不仅为金元素的活化、迁移、富集带来热力条件,而且也往往是金元素的直接载体而形成独立的金矿地质体,经对主要侵入岩光谱测试,不同侵入岩的光谱特征是不同的,图5表示具有代表性的侵入岩反射光谱特征,侵入岩反射光谱特征有如下特征:(1)侵入岩的平均反射率值,从酸性至基性值逐渐减小;(2)反射率的波长分布随波长增加而增加。这种差异反映了不同岩类岩石矿物的差异。



1. 黄铁矿 2. 褐铁矿 3. 含褐铁矿沙体 4. 含锰长英岩 5. 含锰长英岩沙体

图 7 含铁(锰)矿物的反射光谱曲线

Fig. 7 Spectral reflectance curves for iron(manganese)-bearing minerals

据资料证实，北疆地区不同侵入岩的含金丰度高出地壳同类岩石金丰度的 10~20 倍(表 2)。所以根据其不同反射光谱特征，进而较准确的对其岩体的性质、产状、空间位置判识出来，可大大增强寻找金矿地质体的能力。

6 金矿地质体母岩蚀变信息

不同类型金矿具有不同的母岩蚀变组合特征，但几乎都具有硅化(浅色硅质岩、石英脉等)、黄铁矿化、褐铁矿化、绢云母化、绿泥石化、高岭土化、碳酸盐岩化等。这些蚀变岩却具有明显的光谱特征。

6.1 硅质岩、粘土岩、碳酸盐岩光谱特征

图 6 为硅酸岩、碳酸盐岩、粘土类代表性矿物近红外波段的反射光谱曲线，很明显粘土矿物(高岭土、蒙脱石)在 2.2μm 有很强的羟基吸收带。碳酸盐岩(大理岩、白云岩)在 2.33μm~2.35μm 及 2.5μm 有很强的吸收，它们均由碳酸根(CO₃²⁻)的吸收所至。

硅酸岩(石英岩)在近红外波段没有特征光谱，但它以其较高的反射率与其他岩石区分开。

这些蚀变岩在可见光的宽波段遥感图象(MSS、TM)上以其浅色调与其背景区分开，在近红外窄波段图象上可以其特定的吸收带进一步区分，并可成像，成谱来划分它们。

6.2 “铁帽”的光谱信息

“铁帽”既是寻找金属矿产的标志，也是寻找金矿地质体的一个有用信息，因它多分布

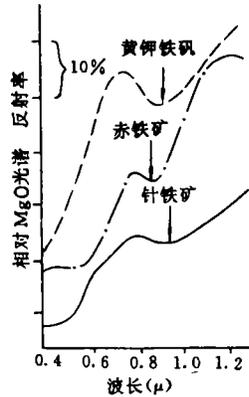


图 8 黄钾铁矾、赤铁矿、针铁矿光谱反射率曲线(据 Hunt)等

Fig. 8 Laboratory spectral reflectance curves for jarosite, hematite and goethite (After Hunt and Ashleg, 1979)

地表,可利用遥感技术提取其信息。根据其代表性矿物(黄铁矿、褐铁矿、锰矿)的光谱特征(图8),反射光谱曲线表明,高含铁矿物与低含铁矿物有着明显不同的光谱行为,既低价铁(黄铁矿)主要在 $1\mu\text{m}$ 附近出现强的光谱吸收带,在 $1.8\mu\text{m}\sim 1.9\mu\text{m}$ 波段有一弱的吸收。然而,高价铁矿物(如褐铁矿、黄钾铁矾、赤铁矿、针铁矿)却在 $0.8\mu\text{m}\sim 0.9\mu\text{m}$ 出现强的吸收带,在 $0.45\mu\text{m}\sim 0.50\mu\text{m}$ 出现弱的吸收特征,上述“铁帽”主要代表性矿物光谱特征表明,“铁帽”在遥感图象上是可区分出来的。

从北疆地区重、磁地层以及金矿地质体及其围岩蚀变岩的光谱信息,说明北疆地区上古生代的泥盆系和石炭系是主要的矿源层,而且可利用遥感技术将含金地质体识别出来。

收稿日期:1994年7月2日

参 考 文 献

- [1] 刘子贵,1984,新疆准噶尔盆地主要矿物反射光谱特征及地质解译意义,中国地球资源光谱信息及其应用论文集,北京:能源出版社,95~101。
- [2] 焦生瑞等,1987,试论准噶尔地区金矿的层控性质及成生机理,新疆地质,5(2):16~31。
- [3] Liu Ziui, 1992, The Devonian System and its Ore-bearing Potential in Eerqist Metallogenic Jong of the Southern Margin of Altai Mts. China, International Symposium on Devonian System and its Economic Oil and Mineral Resources, Geological Society of China.

The Remote Sensing Information and Spectral Reflectance Characteristics of the Gold-bearing Geological Body in North XingJiang, China

Liu Zigui and Li Qinxiang

(Lanzhou Institute of Geology, Chinese Academy of Sciences, Lanzhou 730000)

Abstract

In North XingJiang, the Devonian-Carboniferous marine volcanic and sedimentary Formations are the main source rocks of solid mineral deposits. In this paper, lots of data such as satellite gravity anomaly, strata gravity and magnetic force features of different aged strata as well as spectral reflectance are used to further demonstrate this viewpoint. Meanwhile, the spectral reflectance features of gold-bearing geological bodies such as igneous rock, silicalite, carbonatite, clay minerals and "iron hat" can be used as the theoretical base for directly detecting gold mine with remote sensing technology.