

·专题研究·

SPOT 卫星影像在德尔尼铜矿 区域地质研究中的应用

史仁灯, 杨经绥, 李海兵, 王希斌, 郑新华

(中国地质科学院地质研究所, 北京 100037)

提要:利用卫星遥感影像对青海省德尔尼铜矿区的区域地质做了判释性研究:(1)判释出 3 条左旋平移断层及一组羽式构造,并测得其中一条断层的左旋平移距离为 1 250 m,而在以往 1:20 万和 1:5 万的地质填图中均未发现这 3 条断层的平移性质;(2)判释出作为蛇绿岩组成部分的地幔橄辉岩呈现与一般岩浆岩不同的影像特征。

关键词:SPOT 卫星影像;德尔尼矿区;青海省

中图分类号:P618.41

文献标识码:A

文章编号:1000-3967(2000)04-0355-06

根据卫星影像成像原理,如果一个地区的植被覆盖率较高,岩性很难用光谱特征(Spectral signature)来辨认,但是一张干燥、裸露地区的影像,可完整地反映岩石的光谱特征,尤其在一个资料不足的地区,若能利用高清晰度的卫星影像,就能更好地进行较详细的工作。

德尔尼铜矿位于中国西部,地处内陆,气候相对较为干燥,植被较稀疏,大部分岩层裸露较好,卫星影像成像的不利因素可降到最低程度。目前,还未有利用卫星影像对该矿区进行判释研究的先例。本次研究根据矿区已知的地质背景在卫星影像上所反映的特征,来判释未知的地质背景,利用卫星影像对德尔尼铜矿区进行尝试性研究,进而指导找矿。

1 研究方法

1.1 室内工作

室内的分析与判释工作主要是利用法国 SPOT 2 号卫星于 1996/12/05 与 1995/12/13 拍摄的卫星影像,拍摄时间为冬季,有冰雪及植被干扰,但是影像品质尚属良好,选取的两块区域均是 20 km×12 km。经过加拿大 PCI 公司出版的 PCI(V6.1)软件处理的影像见图 1、2,再加人工判释,并配合水系分析等,得出以下几点认识。

1.2 线型判释

严格地说,在卫星遥感影像上所见到的线状特征仅能称之为线型^[1~2],但是,根据已知的

收稿日期:1999-10-15;修订日期:2000-05-17

基金项目:国家自然科学基金资助项目(49732070)和国家重点基础研究专项资助项目(GI998040800)。

作者简介:史仁灯(1969-01),男(汉族),江苏高邮人,助理研究员,1999年毕业于中国地质科学院研究生院获硕士学位,主要从事蛇绿岩及有关矿产研究。

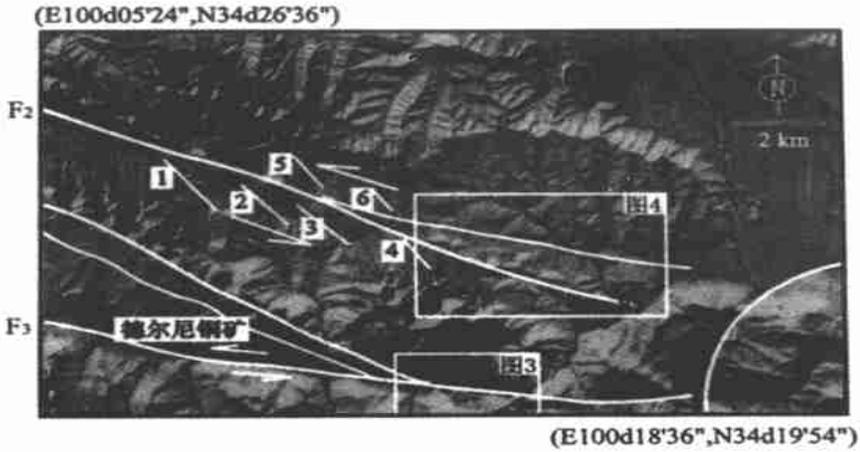


图 1 德尔尼铜矿区卫星影像(反显)水系分析及判释出的构造纲要图
 Fig.1 Structural outline map analyzed and interpreted from the drainage analysis of the satellite images of the Dur'ngoi copper district

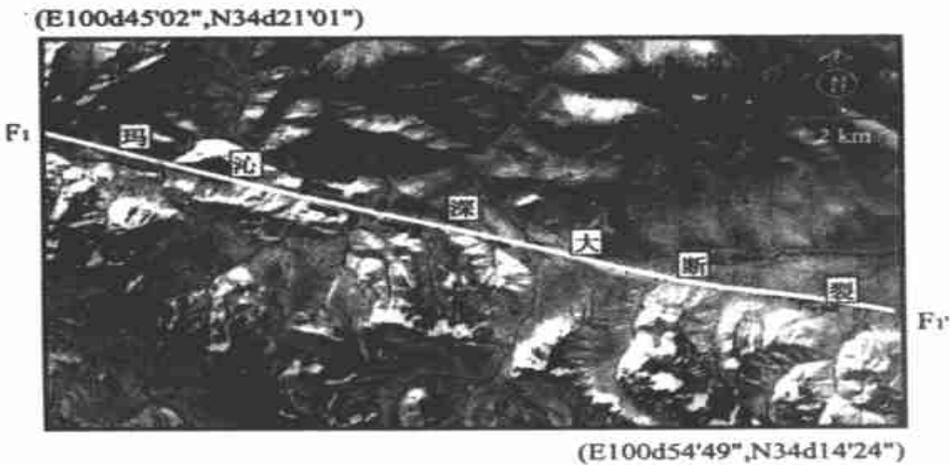


图 2 军牧场煤矿卫星影像及判释出的玛沁深大断裂之左旋特征
 Fig.2 Satellite images of an army pasture coal mine and sinistral strike-slip features of the Maqin deep fault

地质背景资料及判释原理,这种线型可以判释为以下几种地质现象:

(1)断层:断层在遥感卫星影像上常以色调、岩性地层、地形、水系、土壤植被的线性异常平直或略为弯曲显现出来^[1]。沿断层走向出现明显的色调异常线或异常带,指示断层可能存在^[2~3]。规模大的断层构造带常形成断裂破碎带,它们在遥感卫星影像上表现为忽宽忽窄、时隐时现、断续延伸很远或有连续错动造成的纺锤状隆起,如德尔尼矿区卫星影像(图 1)所示沿 F₂-F₂'断裂线状分布的纺锤状隆起。有时沿着深大断层有直线状分布的火山口、火山锥、

侵入体、泉水等。这些特征都可以作为断层存在的佐证。

德尔尼铜矿区遥感卫星影像虽然拍摄于冬季,但是河流并未结冰且水流发育良好,肉眼观察,有一条明显的线型通过玛沁县城,走向为北西—南东向,贯穿整个区域,而且线型两侧的色调、纹理组织等完全不同,发育有断层河、断续的隆起、钩状水系、线状分布的水体(图1、2),这一系列特征都指示断层的存在。根据该线型南侧的纹理组织、关联性以及起伏度等,可知其为第四纪堆积物,而北侧为非第四纪堆积物,且二者在空间上接触在一起,推测该断层为由北向南逆冲的逆冲断层;再根据断层两侧水系错动的特征(图2),推测该断层为左旋断层。

(2)地层界线:整合的地层界线彼此相互平行,代表连续无缺失的沉积作用。卫星影像能区分不同岩性的界线,反映不同岩性的不同反射率。岩性界线的划分可以指导野外工作者有目的地寻找地层界线。在卫星遥感影像上,岩性界线表现为:以相互平行排列并有一定规模延伸的线型方式截然分开不同岩性,如德尔尼矿区南侧三叠纪不同岩性界线(图3)。

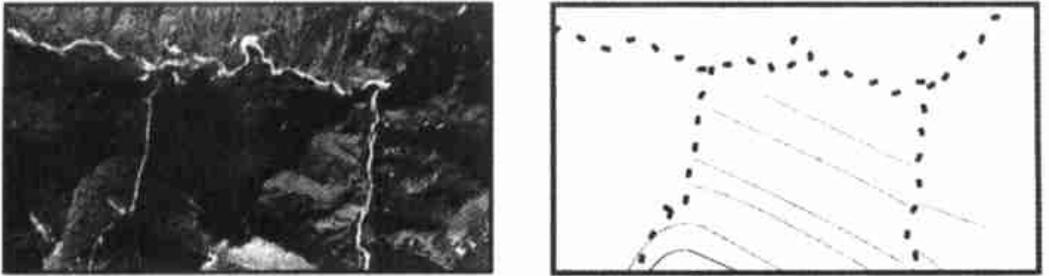


图3 德尔尼矿区南侧三叠纪地层岩性界线卫星影像判释图

Fig.3 Interpretation map of the satellite images of the Dur'ngoi copper district

(3)不整合线:在卫星遥感影像上能解译出两种不整合接触,侵入岩体侵入到地层中的不整合线,地层与地层之间的不整合线。一般说来,可解译为不整合接触线的线型在卫星遥感影像上具较为曲折的特征,如德尔尼矿区北侧花岗杂岩体侵入到地层中的不整合线表现为弧形,而地层与地层之间的不整合接触线表现为连续曲折,有一定规模的延伸,并可以追踪(图4)。

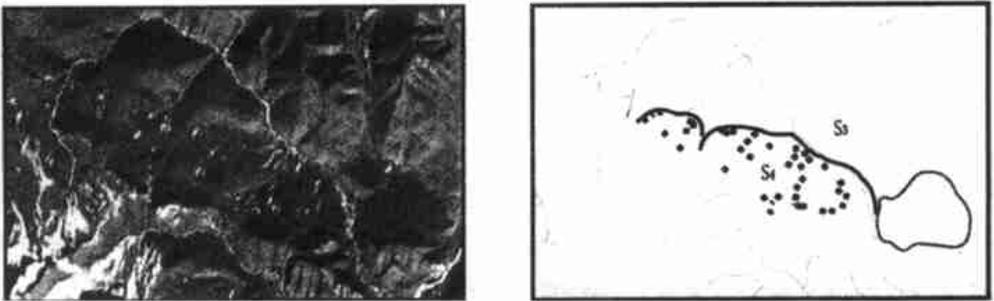


图4 德尔尼矿区东侧不同地层单位之间的不整合接触线卫星影像判释图

Fig.4 Satellite image interpretation map of the unconformities between different stratigraphic units on the east side of the Dur'ngoi copper district

1.3 水系分析

一般来说,控制水系形态的主要因素是地形和地层,除此之外,岩性控制和构造控制也是

相当重要的因素。在一定程度上,水系特征可以反映出—个地区的岩性和构造,透过水系分析,能对岩层分布和构造线(包括断层性质的确定)的划定有所帮助。

由于各种不同的岩性具有不同的岩石强度,抗侵蚀性和透水性,所以在不同岩性单元上发育的水系特征亦不相同^[1]。在构造方面,岩层由于受应力作用形成的节理面和破裂面相对比较薄弱,容易受到侵蚀而形成河流,不同的构造形式控制的水系形态亦不一样,如向形盆地易形成向心状水系,背形盆地(或穹隆)易形成放射状水系。正常褶皱的两翼往往发育对称或相似的水系形态。若水系形态沿着某—线性界面发生突变,可能为断层活动所造成,如河谷发生直线状、折线状异常,或河道突然加宽或变窄,河流呈直角状或锐角状的急转弯,这些现象都可能与断层有关^[1~3]。

笔者利用卫星遥感影像为底图,绘制了德尔尼矿区的水系分析和构造判释图(图 1)。将其加以分析后,根据水系形态和密度将其对应到相应地层单位中,发现本区水系的分布除了受到构造因素和岩性控制以外,地形的影响亦很明显。从水系与岩性的对应方面来看,水系形态及其密度的不同,有助于分辨不同的地层单位。在本研究区中,水系形态及水系密度突然改变的部位,往往就是层界之所在(图 4),不整合线之南北分别为侏罗系野马滩组的夹煤层泥晶灰岩(S_4)和以石英砂岩及砂砾岩为主(S_3)的白垩系下统玛沁砂砾岩组,由于 S_4 地层的泥晶灰岩强度较低,容易发育水系,形成的水系不但密度高而且水流短而粗;而石英砂岩的岩性强度较高,不易发育水系,在其地层上形成的水系密度低,水流细而长。本区的水系与构造密切相关,由水系的形态特征可以推断断层的存在及性质(图 2)。线型 F_1-F_1' 两侧的水系形态、水系密度截然不同,可以判释其两侧的岩性不同,进而可以判断线型 F_1-F_1' 可能为一断层;沿线型 F_1-F_1' 连续分布水体(图 2),进一步说明 F_1-F_1' 为一断层,因为断层对岩体的破坏作用,使得断层处的岩块易受风化剥蚀,导致地势下降,易形成串珠状水体或水坑。而 A、B 两处水系的错动(图 2),可以验证断层 F_1-F_1' 为一左旋的活动断层。根据 A、B 两处水系错动的距离,可以推测断层水平走滑的距离为 $1\sim 1.25$ km。

利用水系有规律的分布可以寻找一些由于风化剥蚀作用而变得模糊不清的羽式构造。德尔尼铜矿区水系分析及构造判释图(图 1)中,在铜矿北侧 1、2、3、4 处及 5、6 处的水系分别平行排列,并与断层 F_2-F_2' 呈相似角度相交,这一现象可以推断出:1、2、3、4 处的水系和 5、6 处的水系分别为—组羽式构造;根据羽式构造的排列方式,判定断层 F_1-F_1' 为一左旋断层。

2 影像判释结果

利用线型判释方法可得到初步判释结果,再利用水系分布图检查不同形态和密度的水系的差异,另外配合色调和纹理分析及判断检查岩性单位。一般来说,只要岩层(为了叙述方便,将卫星影像上具相同色调、纹理等—系列特征的单位称为“岩层单位”,以示区别于地质图中的“地层单位”^[1~2])没有被植被覆盖,相同岩层应具有相同或相近的色调和纹理表现。利用 Coreldraw 软件将以上资料和分析结果加以叠合后,得到—张卫星影像判释图(图 5)。根据色调、纹理、线型等特征,德尔尼铜矿区可分为 12 个岩层单位,将各个岩层单位与区域地质图相对照,发现卫星影像的岩层单位划分与区域地质图的地层单位的划分基本上是吻合的,各岩层单位的特征及与之对应的地层单位的岩性特征见表 1。

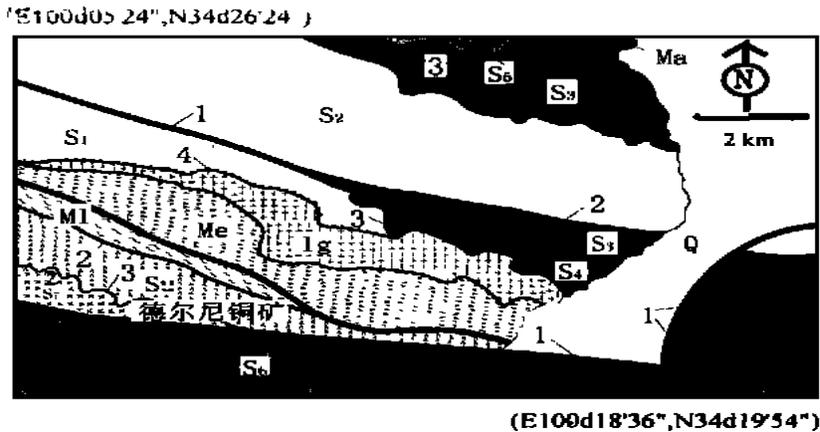


图 5 德尔尼铜矿区卫星影像判释图

Fig.5 Satellite image interpretation map of the Dur'ngoi copper district

Ma—沼泽泥地;S₁—岩屑砂岩、砂屑泥岩;S₂—砂砾岩、泥岩;S₃—砂砾岩、泥岩;

S₄—石英砂岩、炭质泥岩;S₅、S₇—砂板岩;S₆—石英砂岩夹板岩;Su—超基性岩;I_g—花岗杂岩;

MI—糜棱岩;Me—大理岩、角闪岩;Q—第四纪覆盖物;①—主要断层;②—次级断层;③—层界;④—不整合线

表 1 德尔尼铜矿区卫星影像判释图岩层特征

Table 1 Features of strata shown on the satellite image interpretation map of the Dur'ngoi copper district

| 岩层单位 | 色调 | 纹理组织 | 水系形态,密度 | 地层单位 | 对应岩性 |
|--------------------------------|------|------------|-------------|------|-----------|
| Ma | 黄棕色 | 平滑无切割,块状 | 粗,短,密度高 | 第四系 | 沼泽泥地 |
| S ₁ | 深黄色 | 平滑,切割极浅,块状 | 粗,长,密度低 | 第三系 | 岩屑砂岩—砂屑泥岩 |
| S ₂ | 红棕色 | 切割较深,三角状 | 平行,密度中等 | 白垩系 | 砂砾岩,泥岩 |
| S ₃ | 浅红棕色 | 切割中等,三角状 | 树枝状,密度低 | 白垩系 | 砂砾岩,砂岩 |
| S ₄ | 亮棕色 | 切割中等,平行状 | 树枝状,密度低 | 侏罗系 | 石英砂岩,炭质泥岩 |
| S ₅ ,S ₇ | 棕红色 | 切割深,三角状 | 树枝状,密度中等 | 二叠系 | 砂板岩 |
| S ₆ | 棕黄色 | 切割浅,三角状 | 树枝状,密度中等 | 三叠系 | 石英砂岩夹板岩 |
| Su | 黄色 | 切割深,平行状 | 树枝状,钩状,密度中等 | 岩体 | 超基性岩 |
| Me | 深棕色 | 切割不一致 | 钳子状,密度低 | 泥盆系 | 大理岩,角闪岩 |
| MI | 黄色 | 切割深,平行状 | 树枝状,钩状,密度中等 | 泥盆系 | 糜棱岩 |
| I _g | 棕黄色 | 切割中等,放射状 | 钩状,密度中等 | 岩体 | 花岗杂岩 |

2.1 断层及其性质的判断

(1)距德尔尼铜矿东 40 km 的军牧场煤矿,判释出北西—南东向玛沁深大断裂 F₁—F₁' 为一由南向北俯冲或是由北向南逆冲的左旋的活动断层,左旋距离为 1 000~1 250 m(图 2)。

(2)在德尔尼铜矿区德尔尼主峰北侧,判释出一北西—南东向的左旋断层 F₂—F₂',及其具左旋特征的羽式构造(图 1)。

(3)在德尔尼铜矿区南缘,判释出一东西向左旋断层 F₃—F₃',左旋距离约 300 m(图 1)。

2.2 岩浆岩岩体与非岩浆岩岩体之判别

在德尔尼铜矿区出露的超基性岩在卫星影像上不具有侵入岩的不整合接触侵入特征,却

与本区糜棱岩带的影像特征极为相似,难以区分。该区的超基性岩产出方式不同于岩浆岩(例如本区的花岗杂岩体),而与糜棱岩带的产出方式相一致,为构造产出方式。这从另一个角度证实了德尔尼铜矿区赋存矿体的超基性岩为蛇绿岩之组成部分,而非一般的岩浆岩。

2.3 找矿方向

从德尔尼铜矿区卫星影像的判释结果来看,赋存铜矿的超基性岩与糜棱岩带相伴生,附近发育规模较大的花岗杂岩体,铜矿位于北西—南东向断层与东西向断层交会处。从以上的特征来看,在北西—南东向断层与东西向断层的交会处、同时发育有大规模的糜棱岩带和花岗杂岩的区域,有产矿的可能性,是寻找该类型矿床的靶区。

参考文献:

- [1] 刘进金,袁文忠,郑文哲,等.台湾地区空中雷达探测地质调查计划[M].(三年计划之第一年),矿业研究所第196号报告,1983,57—76.
- [2] DRURY S A. Image Interpretation in Geology [M]. 2nd edition. Chapman & Hall, London, 1993. 1—14.
- [3] SALI I, WOLFSON H. Texture classification in aerial photographs and satellite data [J]. International Journal of Remote Sensing, ISS. 18, 1992, 13, 3395—3408.

Application of SPOT satellite images in the study of the regional geology of the Dur'ngoi copper district

SHI Ren-deng, YANG Jing-sui, LI Hai-bing,

WANG Xi-bin and ZHENG Xin-hua

(Institute of Geology, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037, China)

Abstract: An interpretative study of the regional geology of the Dur'ngoi copper district, Qinghai Province, has been conducted using satellite remote sensing images. (1) Three sinistral strike-slip faults and a set of plume structure have been interpreted, and one of the faults has been measured to have a displacement of sinistral strike slip of 1 200 m. The strike slip nature of the three faults was not found in the previous 1:200 000 and 1:50 000 geological mapping. (2) Pyrolite that is interpreted as a component part of ophiolite exhibits image features that are different from those of ordinary magmatic rocks.

Key words: SPOT satellite image; Dur'ngoi copper district; Qinghai Province