

矿源场 - 成矿节 - 遥感信息 异常找矿模式法

赵 福 岳

(中国国土资源航空物探遥感中心,北京 100083)

摘要: 介绍了矿源场 - 成矿节 - 遥感信息异常找矿模式方法的技术思路及应用方法,提出矿源场的3种类型、成矿节的3种形式及遥感找矿信息异常的二分法。该方法在实际应用中效果明显。

关键词: 找矿模式法; 矿源场; 成矿节; 遥感找矿信息

中图分类号: TP 79; P 627 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001 - 070X(2000)04 - 0028 - 06

0 引言

在国家“九五”重点科技攻关305项目“新疆哈尔克山地区航空遥感技术在地质找矿中的应用”研究过程中,考虑到遥感技术自身特点,结合成矿地质理论及全新理论,提出了矿源场 - 成矿节 - 遥感信息异常找矿模式方法。

1 技术思路

矿源场 - 成矿节 - 遥感找矿信息异常模式是一种既符合成矿地质理论,又能充分发挥遥感技术特长的找矿方法,该方法主要技术思路有3点:

(1)以矿源场信息分析提取为基础,实现成矿背景信息提取与圈定,解决成矿背景条件空间展布问题。矿源场信息分析主要指的是地层、岩体的含矿性和构造的控矿性分析。

(2)以成矿节信息分析、提取为重点,解决成矿有利区的圈定。分析的重点是断裂构造信息的空间组合和断裂信息与矿源场信息的空间组合关系。

(3)以遥感信息异常作为找矿的指示标志,为圈定找矿预选靶区或找矿靶区提供依据。这种信息主要指矿化蚀变的色调信息及代表成矿有利条件存在的环形构造信息和控容矿的断裂构造信息。

2 模式要素分类

矿源场 - 成矿节 - 遥感信息异常找矿模式由矿源场、成矿节及遥感信息异常3大要素构成。

2.1 矿源场

矿物场系指为成矿作用提供有益成矿物质或组分的地层、岩体和构造环境。按其成矿和

收稿日期: 2000 - 06 - 20; 修订日期: 2000 - 11 - 05

控矿性质和形成条件的不同细分为矿源层、成矿母岩体和导矿构造。

(1) 矿源层 系指成矿有益物质或组分的来源,通常指受地层层位控制,呈层状产出的地层或岩组。结合新疆哈尔克山地区成矿特点,划分为4种矿源类型:①黑色含炭赋金岩系;②中-基性火山岩、碎屑岩赋金、铜岩系;③斜长片麻岩、片岩赋金铜岩系(原岩为火山岩);④碳酸盐岩-碎屑岩组赋铋(银)岩系组合。

(2) 成矿母岩体 系指为热液型、斑岩型、岩浆型矿床形成提供成矿物质或有益组分的岩浆侵入体。根据区内成矿特点,可划分为4种成矿母岩体类型:①基性岩体赋铜成矿母岩体;②酸性花岗岩赋锡(钨)成矿母岩体;③中-酸性浅成斑岩体赋金成矿母岩体;④碱性花岗岩赋稀有金属、金成矿母岩体。

(3) 导矿构造 系指为成矿作用发生提供环境条件的构造。它的成矿作用主要表现在导岩、导矿作用和诱发再生矿源层的形成,尤其是后者找矿意义明显,常伴随深大断裂形成而产生,位于深大断裂两侧。结合区内实际情况划分为3种导矿构造类型:①剪切带;②板块缝合线;③引张盆地。

2.2 成矿节

成矿节是有利于矿床形成和矿化现象产生的地质节体。它是由控矿构造与矿源场信息叠加复合而成,是找矿有利区的重要条件和指示标志。成矿节由二个基本条件组成,其一为矿源场,是成矿节形成的基础,即成矿背景条件;其二为控矿构造,是成矿节形成的重要条件,在成矿作用中主要起控矿作用,同时诱发沿控矿构造迁移的成矿有益组分和物质萃取矿源场内成矿有益组分和物质形成二次富集,有利矿体形成。由于成矿节的组成条件、性质及空间叠合关系不同,其形成的节型和几何特征也不尽相同。

2.2.1 成矿节类型

根据区内成矿节组成条件(要素)的叠加关系划分为复合、双项和单项3种类型:

(1) 复合节型 由3种或3种以上成矿条件(要素)组成的成矿节称之为复合节型,本区可划分为:导矿构造-矿源层-成矿母岩体-控矿构造节;导矿构造-矿源层-控矿构造节;成矿母岩体-剪切带-控矿构造节;矿源层-剪切带-控矿构造节。

(2) 双向节型 由2种成矿条件(要素)组成的成矿节称之为双向节型。结合本区可划分为:矿源层-控矿构造节;成矿母岩体-控矿构造节及再生矿源层-控矿构造节。

(3) 单向节型 由同种成矿条件组成的成矿节称之为单向节型。结合本区实际情况,单向节型可划分为剪切带、断裂带及成矿母岩体。

2.2.2 成矿节的几何特征

成矿节几何特征是由不同成矿条件叠加复合形成的一种几何结构体。结合本区可划分为同向节、正交节、透镜形节、人字型节、菱线节、环线节、复棱节及环放节(图1)。

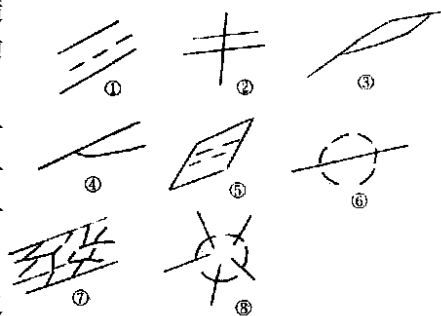


图1 成矿节几何图形示意图

- 1—同向节; 2—正交节; 3—透镜形节;
4—人字型节; 5—菱线节; 6—环线节;
7—复棱节; 8—环放节

2.3 遥感信息异常

遥感信息异常主要指能直接反映矿化蚀变现象存在或间接反映成矿有利条件存在的一类异常。它们在图像上多以色调信息、环形信息、特殊形态的几何体和线性标志显示,分布于成矿节区内。这种信息异常形成的主要原因有 4 点:

- (1) 含矿气水热液交代作用结果——矿化蚀变带;
- (2) 矿体氧化作用结果——氧化带;
- (3) 隐伏岩体作用结果——环形构造、蚀变带;
- (4) 构造变形结果——剪切带、挤压带、蚀变带。

由于其形成的原因和找矿目的不同,影像标志可有多种。

2.3.1 直接找矿信息异常类

直接找矿信息异常是矿化现象存在引起的一类影像信息异常,多以色调异常显示,可作为找矿的直接标志。

(1) 浅黄—黄色色调信息异常 该种色调异常是由硫化矿体或硫化矿物经氧化后形成的氧化带和褐铁矿化现象引起,它是寻找硫化矿床和与硫化矿物有关的金矿指示标志。

(2) 蠕虫状白色色调信息异常 它是由石英脉或硅化带存在而引起,多出露于韧性剪切带、破碎带内,是寻找蚀变剪切型、热液型金矿的标志。

(3) 灰黑色背景信息异常带内的浅黄、白色色调异常 由发育在黑色含炭岩系之内的含金石英脉、含矿的构造挤压体引起,是寻找层控型金矿的指示标志。

2.3.2 间接找矿信息异常类

间接找矿信息异常反映成矿有利条件的存在。主要以环形构造、特殊形态的几何体和控矿的线性构造信息显示。

- (1) 环形构造信息 反映隐伏岩体作用,是矿化蚀变现象产生的母岩体;
- (2) 几何体信息 包括透镜体、菱块体、菱环体及环线体等,它们均属于构造作用结果;
- (3) 控矿线性断裂信息 指在成矿节区内发育的控容矿断裂。

3 找矿模式应用

矿源场、成矿节和遥感信息异常是找矿应用提取的重点信息,具体应用中可采取下列方法和步骤。

3.1 模式要素分析与提取

3.1.1 矿源场信息分析与提取

矿源场信息包括矿源层、成矿母岩体和导矿构造 3 部分,由于他们的形成条件(环境)、存在方式、成矿作用和控矿特征不同,所表现出的成矿规律不尽相同,因此,在分析的过程中必须以已知的矿床资料为基础,选择不同矿种和不同成因类型的典型矿床作为解剖分析实例,分别总结提取出控矿条件和成矿规律,提取矿源场信息,重点要分别统计出矿源层年代、层位、岩性组合特征、形成的沉积环境、构造环境和控矿特征以及成矿母岩体的岩性特征、所属单元、年代和控矿性导矿构造类型、作用方式、物质组成、性质和控矿规律等,这些分析结果可作为遥感解译提取矿源场信息的基础,并采取定位对比建立不同类型矿源场的解译标志,指导矿源场信息

提取。具体步骤为:

- (1) 按矿产种类和成因类型分别选取典型矿床作为解剖分析的实例;
- (2) 分析总结不同矿床类型的主体成矿、控矿条件,确定矿源场性质,划分矿源场类型;
- (3) 采取定位对比建立不同类型矿源场的影像标志,并将这些影像标志作为矿源场信息提取的标准;
- (4) 遥感图像解译。按不同类型矿源场的影像标志分类提取,并分别表示在图面上,解译方法包括目视解译、计算机自动提取及人机交互解译。

3.1.2 成矿节信息分析与提取

以遥感地质解译结果为基础,充分发挥遥感图像构造信息丰富这一优势,结合已知矿床构造控矿规律,总结出新的构造控矿规律,指导成矿节的提取。具体步骤如下:

- (1) 分析总结已知矿床构造控矿规律,将其作为成矿节提取的基础;
- (2) 结合构造遥感解译结果,总结构造控矿规律,弥补前人构造控矿规律研究的不足;
- (3) 提取控矿构造与矿源场叠加复合区,将主构造与次构造复合区作为成矿节;
- (4) 根据成矿节组成条件,分析提取最佳成矿节作为遥感找矿预测有利区(段)。

3.1.3 遥感信息异常提取

遥感信息异常是遥感找矿的直接或间接指示标志,不同矿产种类的矿床,因其矿物组成、蚀变类型、裸露程度以及控矿条件的不同,指示标志不尽相同。但从遥感找矿应用结果分析,与硫化矿体氧化带、褐铁矿化以及蚀变剪切带有关的含金石英脉多以色调标志显示,易于提取,而与断裂破碎带、成矿母岩体(岩体内部)有关的热液型矿床应建立以几何标志为主,进行间接标志的提取。具体步骤为:

- (1) 选择典型矿床进行类比,总结建立解译标志,划分标志类型;
- (2) 按标志类型分类提取。

3.2 模式要素解译提取方法

(1) 目视解译方法 主要采用模式要素分类建标方法,逐级提取。实际上,建标过程也就是类比的过程,只有通过对已知典型矿床影像特征的分析,从色调、影纹、地形地貌等解译标志方面入手,总结提取出指示矿源层、成矿母岩体、矿源构造、成矿节的解译标志和直接反映矿化存在的遥感信息模式作为模式要素提取的依据,然后按不同标志分类提取之。

(2) 图像增强处理 根据不同模式要素特点采取不同的处理方法,对矿源层、成矿母岩体可采用比值法、融合法及分类法;对导矿构造和成矿节可采用线性自动提取法,以解决不同断裂的组合关系,实现节型的判定。在矿源场信息增强处理过程中,应以已知矿床作为样区,采用定位提取,并确定图像增强处理方法,指导区域性模式要素提取,不同要素可分层表示。

(3) 人机交互解译提取 依据目视解译建立的解译标志及提取出的部分模式要素信息,参照解译标志显示情况进行亮度值统计,建立亮度域判别模式,进而实现区域性信息提取,也可将目视解译结果与计算机提取结果进行对比、修改,补充信息提取的误差。

4 应用实例

通过此次遥感技术应用及矿源场 - 成矿节 - 遥感找矿信息异常找矿模式法的研究,基本

查明了新疆哈尔克山地区的成矿条件,建立起以黑色含炭岩系找金为主的 6 个遥感找矿模式,发现中天山构造带片麻岩系是金、铜矿生成的有利矿源层,同时是赋矿层。

4.1 敦德古勒达坂金、铜矿靶区成矿地质背景

该遥感找矿靶区位于敦都郭勒河上游,大地构造位置属于中天山构造。出露地层为元古宙基底变质岩系,主要岩性为二云母斜长片麻岩、角闪云母斜长片麻岩、绢云母片岩、黑云母片岩。构造以东向西断裂为主,中天山南缘托格腊苏达深大断裂和中天山北缘敦德古勒坂大断裂分别从靶区南北缘通过,起到导矿构造作用,其内次级东西向断裂和构造破碎带发育,起容矿作用,南北向、北西向断裂数量较少,侵入岩不太发育,仅在东西两侧有少量出露。

4.2 找矿模式

根据靶区内成矿条件特点及影像特征显示,建立找矿模式如下:

- (1) 中天山构造带元古宙地层形成环境为岛弧带,说明其变质原岩为火山岩系;
- (2) 元古宙基底片麻岩系为矿源层;
- (3) 二云母斜长片麻岩、角闪云母斜长片麻岩、褐铁矿化黑云母片岩为赋矿岩石;
- (4) 北东向次级断裂为控矿构造,为矿液二次富集、沉淀提供了空间场所;
- (5) 矿源层 - 断裂节型为靶区的成矿节;
- (6) 浅黄色色调异常带、浅黄间白色调异常带为遥感找金铜矿的影像模式。

4.3 矿化体(带)圈定

根据遥感信息异常显示,1997~1998 年间沿敦都郭勒河上游西岸进行野外地质调查,取化探样品 16 件,发现 1 处硫化物矿体,并根据化探样品分析结果圈定 2 个矿化体和 1 个预测矿化体。

I 号金铜矿化体 金铜矿化集中发育在元古界变质岩系之中,矿化体两侧受两条北倾的断裂控制,野外控制规模长 200 m,宽 100 m,影像显示规模长 20 km,宽约 100 m。含矿载体由二云母斜长片麻岩、角闪二云斜长片麻岩和硫化物矿体(黄铁矿化、黄铜矿化二云母斜长片麻岩)3 种岩石组成(图 2),其中二云母斜长片麻岩内铜品位最高达 949.8×10^{-6} ,最低为 288×10^{-6} ,平均为 527.5×10^{-6} ;在角闪二云斜长片麻岩中仅取 1 个样品,铜品位为 170×10^{-6} ,金品位为 14.6×10^{-6} ,二者出露宽度达几十米,倾向北,倾角 70° 。硫化物矿体发育在二云母斜长片麻岩与角闪云母斜长片麻岩分界处,宽约 10 m,断面延深 50 m,倾向北,倾角 70° ,共取 7 个样品,铜品位最高达 812.8×10^{-6} ,最低为 46.5×10^{-6} (1 个样品点),平均品位为 348.9×10^{-6} ,金品位最高 55×10^{-9} ,最低为 2.4×10^{-9} 。硫化矿体内的 97H213 样品光片分析结果表明,矿石矿物有石英、黄铜矿、磁黄铁矿、磁铁矿、黄铁矿、自然金和蚀变矿物,其中有 2 粒

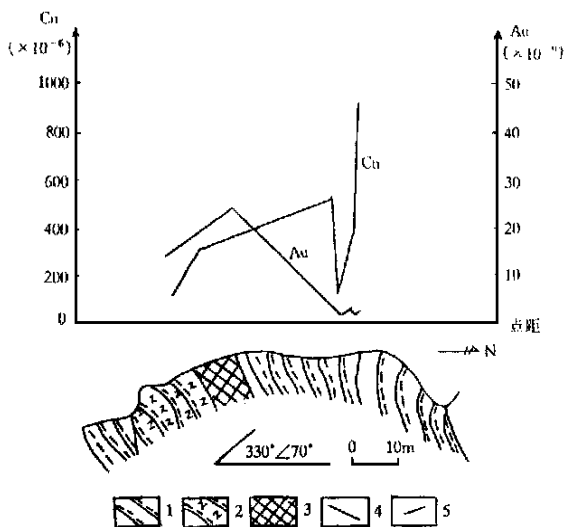


图 2 98D47 点地质剖面图

- 1—二云母斜长片麻岩; 2—角闪云母斜长片麻岩;
3—硫化矿体; 4—断裂; 5—石英脉

自然金和几粒银金矿,金矿物粒径为 $0.01\ \mu\text{m}$,为显微金,属于工业金矿物。从实际工作结果与影像的吻合性分析,该矿化体规模大,铜品位高,矿化普遍,具有很大的找矿远景。

II号金矿化体 该矿化体发育在元古界黑云片岩中,影像显示规模长约 $12\ \text{km}$,宽约 $300\ \text{m}$,含金载体为褐铁矿化黑云片岩及石英脉。因山势险峻,在该矿化体中仅取一个样品(97H059),金品位为 $0.18\ \text{g/t}$,矿化体在彩红外航片以浅黄色调影像异常显示,形成明显的透视镜体。

II号预测金铜矿化体(带) 该预测矿化体位于 I、II号矿化体中间,走向近东西,在彩红外航片影像上解译该矿化体规模长约 $18\ \text{km}$,宽约 $600\ \text{m}$,其产出的地层条件、构造条件及影像模式等与 I号矿化体有诸多雷同之处,表现为:①地层岩性条件相同,同属元古宇片麻岩;②构造条件相同,均发育近东西向断裂或断裂破碎带;③浅黄色调影像异常特征相同,反映出黄铁矿化现象存在。不同之处表现在浅黄色色调异常带内发育一系列白色线性影像,反映的是大量石英脉的存在。因此,认为该预测矿化体具金矿形成的有利条件,尤其是发育在破碎带内的石英应为金矿化形成的主要载体。

从以上找矿实例可以看出,该方法找矿效果比较明显,发现了含金的硫化矿体,实现了中天山成矿带的找矿突破,具有一定实用性。

5 结论

(1) 该找矿模式法的找矿思路采取了从已知到未知的调查分析方法,以不同层次的信息提取实现成矿背景场、找矿有利区及找矿靶区的提取与圈定。

(2) 模式要素具有不同的成矿含意和找矿意义,矿源场指示出成矿背景条件的存在;成矿节指示出成矿有利条件的集中;遥感信息异常指示出矿化信息存在。

(3) 模式方法分析应用过程中,可采取目视解译方法,也可以通过计算机自动提取方法来实现,但应用的关键是定位对比提取。

参考文献

- [1] 立见辰雄. 矿床学[M]. 北京:地质出版社,1982.

PROSPECTING MODEL METHOD OF PROVENANCE FIELD - ORE-FORMING NODE - REMOTE SENSING ANOMALIES RELATED TO MINERALIZATION

ZHAO Fu-yue

(Areo Geophysical and Remote Sensing Center of Land Resources, Beijing 100083, China)

Abstract: This paper dicusses the technological train of thought and the use of prospecting model
(下转第 49 页)

- ② 杨威. 一种用于二值图像分割的快速聚类方法 [J]. 计算机研究与发展, 1998, 35(8).
- ③ CAO Wufeng, QIN Qiming. A knowledge - based research for road extraction from digital satellite images [J]. Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Pekinensis. 1998, 34(2~3).

FAST EXTRACTION OF WATER BODY BOUNDARY BASED ON SEED POINTS AND CONNECTIVITY ANALYSIS

WAN Xian-rong, SHU Ning, ZHEN G Jian-sheng
(Wuhan Technical University, Wuhan 430079, China)

Abstract : As a kind of basic geographical information , water bodies extraction from satellite images is important in the practice and theory of automatic recognition. Its result can be used for the data updating of geographical database. This paper presents a method based on the seed points and a new fast connectivity analysis algorithm for image.

Key words Water recognition ; Seed point ; Connectivity analysis

第一作者简介: 万显荣(1974 -)男,武汉测绘科技大学光电工程学院教师,主要从事电子仪器方面的教学工作,攻读硕士学位期间参与遥感图像处理的有关科研课题,为摄影测量与遥感专业研究生。

(上接第 33 页)

method related to provenance field - ore-forming node - remote sensing anomaly in detail. Three type of provenance field , three type of ore-forming nodes and two type of remote sensing anomalies have been proposed. This method is very useful and affective in the actual ore prospecting works.

Key words : Prospecting model method ; Provenance field ; Ore-forming node ; Prospecting information of remote sensing

作者简介: 赵福岳(1953 -)男,高级工程师,1975年毕业于原长春地质学院综合找矿系,长期从事遥感地质矿产研究。