

文章编号:1000-4734(2004)02-0164-07

云南个旧矿区卡房矿田遥感地质综合信息成矿预测

唐从国^{1,2}, 聂启祥³, 刘丛强¹, 高建国⁴, 王瑞雪⁴, 杨世瑜⁴

(1. 中国科学院 地球化学研究所 环境地球化学国家重点实验室, 贵州 贵阳 550002;

2. 中国科学院 研究生院, 北京 100039; 3. 华东交通大学 土木建筑学院, 江西 南昌 330013;

4. 昆明理工大学 地球科学系, 云南 昆明 650093)

摘要:在云南个旧矿区卡房矿田地质特征研究的基础上,分析了该矿田的遥感线性构造特征、环形(弧形)构造特征及线环构造组合特征,通过等值线法显示和计算遥感综合信息量,由遥感综合信息量频数曲线图的拐点确定了找矿信息临界值为7.5和15.划分了一、二级找矿远景单元,类比已知成矿区,最后提出了五个成矿预测区。

关键词:遥感;综合信息;成矿预测;找矿远景区;卡房矿田

中图分类号:F612 **文献标识码:**A

作者简介:唐从国,男,1978年生,在读博士生,主要从事环境地球化学遥感及GIS方面的研究。

遥感信息具有信息量大、宏观、快速的特点,遥感图像可以直观、逼真地反映各类地质要素的映像特征及其展布的规律性,有效地揭示隐伏构造、显示活动构造,尤其对与成矿关系密切的大量线性和环形构造的反映特别突出^[1],因而遥感技术在地质矿产勘查中已得到广泛应用并取得了很好的成效^[2]。云南个旧锡铜多金属矿床经过近百年的开发,资源日趋枯竭,后备储量严重不足,寻找新的接替资源势在必行。本文在研究矿区卡房矿田地质特征基础上,利用遥感地质综合信息对该矿田进行了成矿预测。

1 矿田地质简况

个旧矿区在大地构造上位于华南褶皱系的西南边缘,西北为康滇地轴,西南是哀牢山变质岩带,东南邻越北地块,矿区面积1700 km²。南北向个旧大断裂将矿区划分为东、西两区,西区研究程度较低;东区由北东向五指山复式背斜和近东西向断裂控制矿田的分布,由北向南依次划分为马拉格矿田、松树脚矿田、高松矿田、老厂矿田和卡房矿田,矿田中间又被一系列北西、北东向的断裂组及褶皱挠曲而分成许多矿床和矿体群^[3,4]。

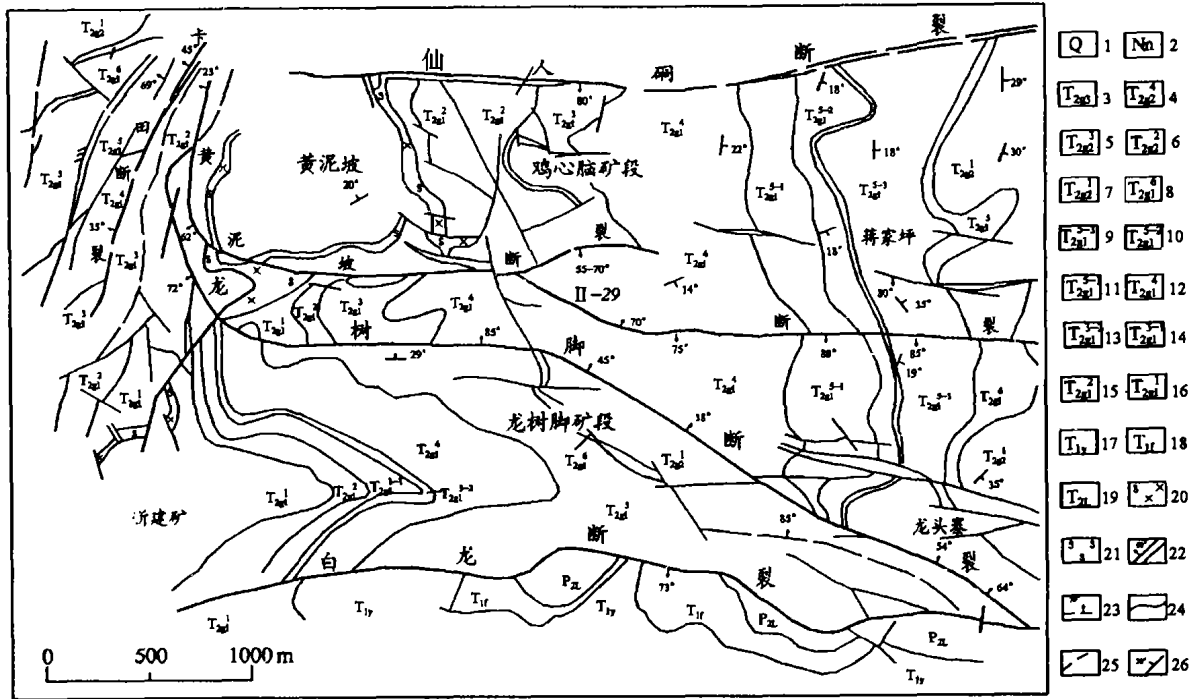
卡房矿田(图1)北部以老熊砬断裂与老厂矿田为界,南界为白龙断裂,由北而南划分为新山、鸡心脑、龙树脚三个矿段。区内主要是中三叠统个旧组中、下部的马拉格段(T_2g_2)和卡房段(T_2g_1),马拉格段为灰色灰黑色厚层块状致密白云岩或灰质白云岩,岩性较脆,交叉节理发育,出露不完全,与下伏地层呈整合接触,厚度不详。卡房段为灰色、深灰色薄—中厚层状白云岩、灰岩、灰质白云岩、白云质灰岩及其互层,总厚度千余米。按岩性该段又可细分为6层,矿体主要产于 $T_2g_1^2$ 、 $T_2g_1^4$ 和 $T_2g_1^6$ 中。矿体常呈脉状、层状、透镜状、串珠状和溶洞沙状,矿石自然类型主要为氧化矿型。区内构造发育,褶皱主要有猪头山向斜和大花山背斜,轴向近东西;断裂也以东西向为主,由北向南发育有新山断裂、仙人洞断裂、黄泥坡断裂、II-16含矿断裂、II-11含矿断裂(龙树脚断裂)、II-26含矿断裂、大花山断裂、白龙断裂等,这些断裂均属压性和压扭性断裂,多数有矿化现象。岩浆岩仅在 $T_2g_1^1$ 中上部有基性岩体沿层侵入。

2 遥感地质信息特征

以1:1万卡房矿田黑白航片为主要图件,辅以1:10万TM图像个旧幅对研究区进行遥感信息解译,解译结果如图2,可见区内线性构造较为发育,环形构造相对较少。

收稿日期:2004-10-09

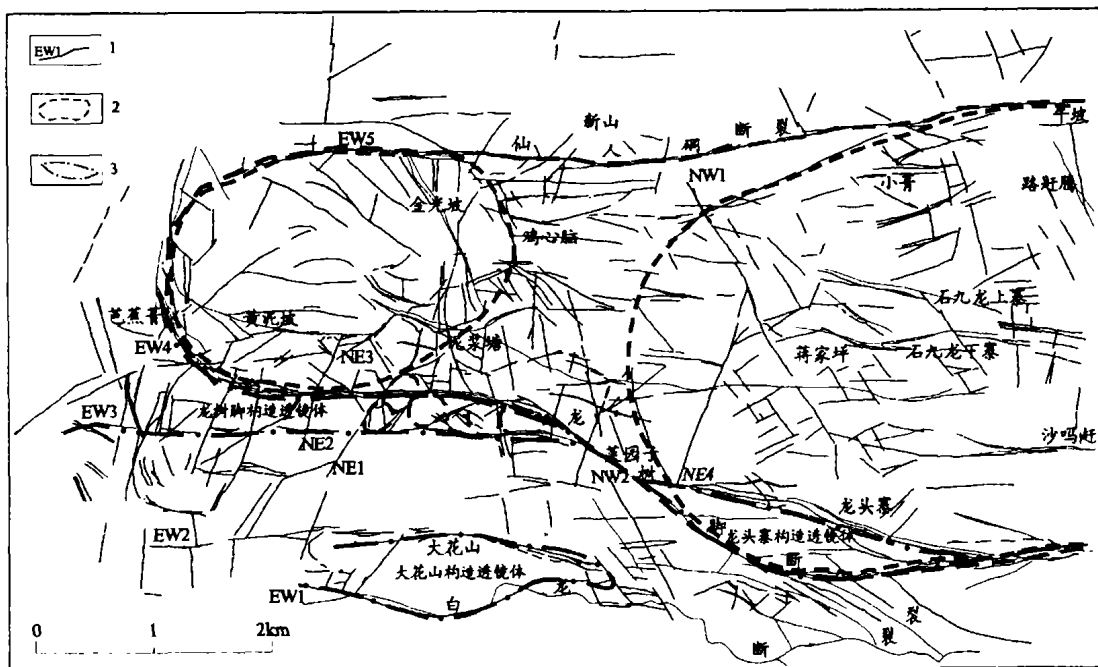
基金项目:云南省省院省校合作项目(2000YK-05)



1. 粘土
2. 砂质粘土及河成砾岩
3. 石灰岩含白云质
4. 灰质白云岩与石灰岩互层
5. 结晶白云岩含灰质白云岩
6. 含灰质白云岩、结晶白云岩
7. 白云岩含灰质白云岩
8. 白云质灰岩与石灰岩互层
9. 石灰岩夹薄层泥质灰岩
10. 石灰岩、泥质灰岩夹灰质白云岩
11. 含泥质灰岩及石灰岩
12. 石灰岩与灰质白云岩互层
13. 石灰岩泥质灰岩含海百合茎化石
14. 含泥质、碳质薄层灰岩
15. 石灰岩与白云质灰岩互层
16. 石灰岩与泥质灰岩
17. 泥质灰岩、泥质粉砂岩
18. 砂质灰岩、砂岩与泥岩互层
19. 碳质页岩、泥质砂岩夹无烟煤
20. 变辉绿岩(玄武岩)
21. 砂卡岩
22. 实测断裂
23. 推测断裂
24. 实测地质界线
25. 推测地质界线
26. 岩层产状

图 1 个旧矿区卡房矿田地质略图

Fig. 1. The geological sketch map of the Kafang ore field in the Gejiu mining district.



1. 线性构造、断裂构造及编号
2. 环形构造
3. 构造透镜体

图 2 个旧矿区卡房矿田遥感地质解译图

Fig. 2. Remote-sensing interpretation map of the Kafang ore field.

2.1 线性构造特征

遥感线性构造是地质构造场和成矿地质场在地球表面和光谱特征上的反映^[5]。研究区内线性构造按展布方向可以分为以下四类:

东西向线性构造群:区内普遍发育,线性影像清楚且延伸稳定,有水井冲带(EW1)、新发村一大花山带(EW2)、EW3、芭蕉菁—龙头寨带(EW4)、新山—牛坡带(EW5),它们的延伸长度分别为3400,3200,8000,6500,7500 m。低级次的东西向构造也很发育。

北东向线性构造群:区内中西部较为发育,东部零星发育,大致呈NE20°~60°展布,线性影像清楚且有一定延伸的有NE1、NE2、NE3、NE4。

北西向线性构造群:区内东部较为发育,西部相对较少,大致呈NW20°~60°展布。线性影像清楚且有一定延伸的有NW1、NW2。在金光坡有一呈放射状的NW向线性构造带。

南北向线性构造群:区内泥浆塘—鸡心脑及石九龙—小菁一带发育,线性影像较为模糊、延伸短、长度不超过800 m。

根据线性影像的清晰程度、规模大小,将研究区的线性构造划分为I、II、III三个级次。I级线性构造为区内延伸稳定的东西向构造,延伸长度≥2000 m,即EW1、EW2、EW3、EW4、EW5,是区内主要的控岩控矿构造。II级线性构造为有一定延伸的北东向、北西向、东西向、南北向的线性构造,延伸长度800~2000 m,它们在矿段中部以泥浆塘为中心的方圆2 km范围内发育密集,相互交切。III级线性构造为一些延伸很短的线性构造,延伸长度<800 m。

区内I级线性构造带是在区域性南北向压力作用下的产物,性质为压性,同时也形成了一些“X”型的北东、北西向II级构造。后期在北东-南西压应力作用下,改造I级构造带为压扭性,II级线性构造继续发育。最后在东西向挤压应力的作用下,I、II级线性构造复活,I级构造变为张性,II级构造产生扭动^[4]。

2.2 环形(弧形)构造特征

环形构造又称为环形体,是遥感图像上以结构或色调形式显示出的环形影像,为实心的圆形、空心的环形、准圆形、准环形或未封闭的弧形影响的总称^[6,7]。

从图2中可见,区内环形(弧形)影像规模最大的是牛坡—新山—芭蕉菁—菜园子—龙头寨弧形影像,为东西方向的“葫芦”状,“葫芦”在底部未闭合,长轴约8000 m,短轴约2000~5000 m。该弧形构造部分边界较模糊,部分为弧形线性构造。在该弧形构造内还有规模稍小的一个环形构造和一个半环构造,即黄泥坡环和蒋家坪半环构造,内切于牛坡—新山—芭蕉菁—菜园子—龙头寨弧形构造。另外,在龙树脚构造透镜体内部发育有6个规模很小的环形构造,呈圆形,半径约为100~140 m;它们相互之间的结构类型为环-环切接式,与线性构造之间的结构类型为线-环切接式。

遥感图像解译出的环形构造是对构造-岩浆作用的反映,不同的地质作用生成不同形态、类型、组合方式的环形构造^[8]。环形构造的发育程度,反映岩浆活动的强弱。单个环形构造反映单个侵入岩体存在;环形构造密集段,说明岩浆活动频繁,生成较多的侵入体。区内环形构造可分为两个等级,即规模大的牛坡—新山—芭蕉菁—菜园子—龙头寨弧形构造和规模次之的黄泥坡环和蒋家坪半环构造,且显示出了大环套小环的构造组合,反映它们是在同一岩浆活动过程中,不同期次生成的产物。黄泥坡环形构造对应该处有一隐伏花岗岩体存在,环内线性体呈放射状,对成矿作用起到了重要的作用。

2.3 构造透镜体特征

矿段内发育有三个构造透镜体(图2),其中以EW1和EW2为界构成了大花山构造透镜体,以EW3和EW4为界构成了龙树脚构造透镜体和龙头寨构造透镜体。这三个构造透镜体的长轴方向都是东西向的,其中龙树脚构造透镜体与龙头寨构造透镜体呈原点对称分布,大花山构造透镜体与龙树脚构造透镜体平行产出。龙树脚构造透镜体长轴约2500 m,短轴约350 m;龙头寨构造透镜体长轴约3300 m,短轴约650 m;大花山构造透镜体长轴约2200 m,短轴约650 m。

3 遥感地质综合信息成矿预测

根据卡房矿田现有地质资料情况,将线性构造所显示的矿床遥感地质信息转换为量化信息,并将与其所对应的地质构造信息转化为定量化信息,以其综合的数量化信息进行遥感综合信息成矿预测,分为统计单元的划分、变量的确定、计算

信息量总和、预测单元的确定和找矿远景区的确定五个步骤^[9,10]。

3.1 统计单元的划分

统计单元的划分既要考虑对矿化的显示,又要考虑统计计算的能力^[10]。根据研究区的实际情况和统计计算的处理能力,采用方格法在1:10000的个旧矿区卡房矿田地形地质图及同比例尺的遥感解译图上按200 m×200 m的网格将研究区划分为1125个单元。

3.2 变量的确定

选取能反应成矿地质条件的主导地质变量和反映矿床遥感影像特征的线性构造发育情况作为区域统计预测变量,具体的统计预测变量为:

地质信息变量:断裂密度、断裂频数、断裂交结点数、断裂密度与频数之积。

遥感信息变量:线性体密度(累加长度)、线性体频数、线性体交结点数、线性体密度与频数之积。

3.3 计算各单元信息量总和

采用数值归一化计算成矿区各单元的信息量

总和,即对各单元单变量进行统计,然后对单元内所有变量计算信息量总和,该值的大小直接反映各单元相对找矿远景的大小。在计算信息量总和后,为了较直观的显示和分析信息量的变化特征并相互扣合分析^[10],采用等值线法来显示信息量,即应用等值线信息量法进行本区的遥感地质综合信息成矿预测。计算出各单元信息量总和,作出各单元综合信息等值线图(图3)。图中显示出四个高值区(综合信息量值 ≥ 7.5):黄泥坡—泥浆塘—龙树脚—鸡心脑—新山—金光坡高值区、菜园子—龙头寨高值区、石九龙高值区、小菁—牛坡高值区。图中还直观地显示出了一组北东向的线性构造,从西向东依次命名为卡田断裂(已知断裂)、新山—鸡心脑—泥浆塘(隐伏)线性构造和牛坡—石九龙—龙头寨(隐伏)线性构造。这三条北东向的构造相互平行且等间距分布,相互之间距离约为2.6 km。四个异常区带都是处在这三条北东向构造与东西向构造的交汇部位,故三条北东向构造与东西向构造相交部位为成矿的有利部位。其中黄泥坡—泥浆塘—龙树脚—鸡心脑—新山—金光坡高值区与已知的聚矿浓集区一致,由此可以推知其余三个异常区带有找矿前景。

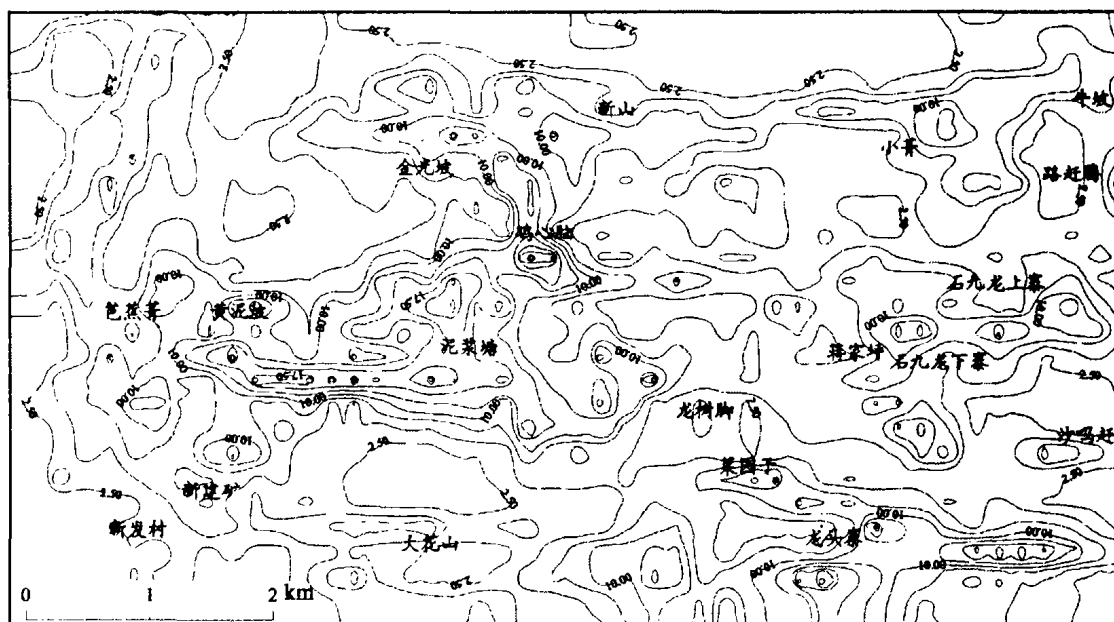


图3 个旧矿区卡房矿田遥感综合信息等值线图

Fig. 3. Isolines of composite remote-sensing information in the Kafang ore field.

3.4 预测单元的确定

个旧南部共有 1125 个单元,依据各单元的信息量总和作信息量单元频数曲线图(图 4),确定预测单元的找矿信息临界值为 7.5。在全区的 1125 个单元中,有 372 个单元的信息量总和 ≥ 7.5 ,其中有 71 个单元为已知有矿单元。全区共有 106 个已知矿化单元,所以,如以信息量总和 ≥ 7.5 为临界值,则全区已知有矿单元 $71/106 \times 100\% = 67\%$ 分布于信息量总和 ≥ 7.5 (临界值) 的 372 个单元中。另外,在信息量 < 7.5 的 753 个单元中,有 35 个单元为已知有矿单元,占 4.6%,这就意味着在信息量总和大于或等于 7.5 的单元中,找到矿的可能性较大,而在信息量总和小于 7.5 的单元中,找到矿的可能性则较小。

为了进一步划分成矿预测单元,选取了图 4 中的另一个陡变点为临界点,即信息量总和为 15 的点,将成矿预测单元划分为:一级远景区,即信息量总和 ≥ 15 (临界点 2) 的单元,二级远景区,即 (临界点 1) $7.5 \leq$ 信息量总和 < 15 (临界点 2) 的单元。其中信息量总和 ≥ 15 的单元共有 93 个,其中 39 个为已知矿床点,因而将其余的 54 个单元划为一级远景区;二级远景区共有 247 个(图 5)。

3.5 找矿远景区的确定

在上述工作基础上确定遥感综合信息成矿预

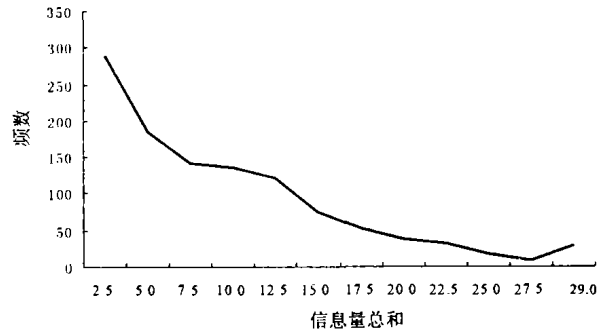


图 4 个旧矿区卡房矿田遥感综合信息量累计频数曲线图

Fig. 4. Frequency curve for synthetic remote-sensing information in the Kafang ore field.

测标志,依据一定的成矿预测准则,最后作出远景区预测。

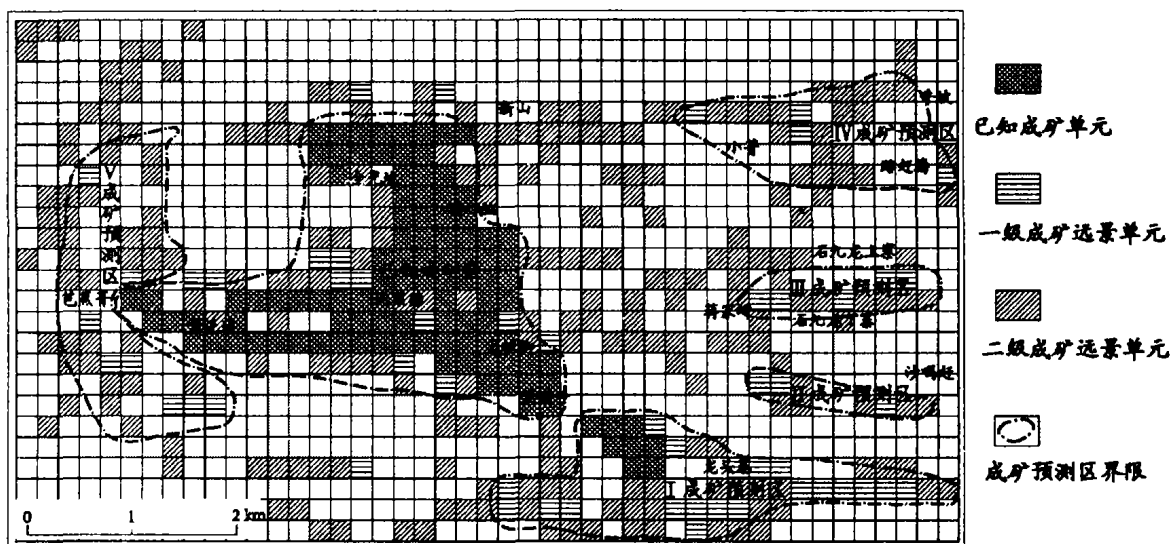
4 遥感综合信息成矿预测标志

4.1 控矿规律找矿标志

主要应用相当于庄永秋等^[4]所述的个旧矿区第五级、第六级控矿体系,如东西向主断裂带、断裂纵横波状转折部位、断裂旁的羽状裂隙、断裂与断裂交切部位、断裂与有利层位交切部位、层间剥离及挠曲、岩体形态某些急剧变化部位等。

4.2 遥感线环构造所反映的找矿标志

龙树脚矿段内的四条主要东西向线性构造,



1. 已知成矿单元 2. 一级成矿远景单元 3. 二级成矿远景单元 4. 成矿预测区界限

图 5 个旧矿区卡房矿田遥感解译成矿单元及成矿预测分布图

Fig. 5. Distribution of the perspective ore units and perspective ore areas in the Kafang ore field.

是 I 级控岩控矿线性构造,它们在走向上弧形交接形成三个构造透镜体,是成矿的有利部位。其中龙树脚构造透镜体与龙头寨构造透镜体内低级次的北东向和北西向线性构造较发育,是矿区两个化集中区。特别是龙树脚构造透镜体,它由龙树脚断裂与 II-26 号断裂相交构成,主断裂弧形弯曲处赋存着断裂型主矿体,透镜体中发育的低级次的北东向、北西向线性构造及环形构造,在线-线或线-环交叉(结)部位赋存有柱状、囊状矿体,在线性构造中赋存有脉状矿体。

黄泥坡环形构造显示该处应有一隐伏花岗岩体存在,且环内线性体呈放射状,对成矿作用、矿化(或金属矿物的分带)起到了重要的控制作用。

4.3 遥感数值信息所反映的找矿标志

(1)东西向构造带为龙树脚矿段内对矿化起主导作用的主导构造,东西向“扁豆”状的高值区与断裂带脉状矿体的展布有很好的对应关系。而且在东西向高值区与近南北向高值区复合的部位是成矿最有利的部位,如新山、龙树脚。

(2)以泥浆塘为中心方圆 2 km²范围内相互交切的北东西、北西向、东西向、南北向线性构造的密集发育区显示了多期次构造的复合和控矿作用,此处对应龙树脚矿段内矿化高度浓集地段。

(3)断裂构造交切强烈的部位是层间矿床的有利产出部位,如新山—鸡心脑—泥浆塘一线。

(4)综合信息等值线与矿床展布关系反映:总体矿化主要受东西向构造系——主导构造控制,而受辅于北东向、北西向及南北向构造系。矿化与线性构造,环形构造,断裂构造的关联最大。局部矿化(或矿床定位)的最佳部位为等值线强烈变化和交切部位,即综合信息等值线显示的强烈梯度带(异常边缘)、不同方向异常叠加交切部位、高值(异常)带方向急偏转(之拐状)部位。

5 成矿预测准则及远景区的确定

基于卡房矿田遥感地质研究——影像线-环结构及其与矿床展布关系的研究、遥感综合信息等值线与矿床展布关系的分析以及信息量等值线法成矿预测区段和预测单元的优选,依据下列原则对成矿区作遥感地质综合信息成矿预测^[9,10]:

(1)应用模式类比法,用已知矿化单元作训练场地(对比单元),类比优选靶区;

(2)应用矿化信息变量的信息量值优选靶区;

(3)应用影像线-环结构及矿床定位的最佳线-环结构对靶区进行再优选;

(4)根据成矿地质条件、矿床展布规律对靶区进行再检验,再优选。

遵循上述找矿标志及预测原则圈划出研究区五个遥感地质综合信息成矿预测区(图 5),其总体分布特征显示了研究区东西向线性构造控矿的特点。I、II、III、IV 四个成矿预测区均为长轴方向为东西向的透镜体,以一定间距从南到北平行排布于矿区的东部,且都位于东西向断裂与隐伏的北东向牛坡—石九龙—龙头寨(隐伏)线性构造的相交部位,这些部位对成矿极为有利。成矿预测区 V 位于研究区西部,似“耳”状分布。

I 成矿预测区:位于龙树脚断裂、方灵硐断裂、II-27 及 II-28-1, II-28-2 断裂相交汇处,龙头寨构造透镜体包含于其中,且还有较多低级次的东西向线性构造与北西向线性构造在其中相互交切。基础构造及主导构造在该区发育,对成矿有利的地层 T_{2g1}⁴、T_{2g1}⁶ 也在此处出露,矿化信息丰富。已知矿床点分布于龙头寨构造透镜体的西端闭合处,因此该区有望进一步扩大找矿远景,尤其应该注意的是龙树脚断裂与方灵硐断裂的交汇处及龙头寨构造透镜体的东端闭合处。

II 成矿预测区:为东西向线性构造和砚沙断裂相交形成的一个“人”字形的似透镜状区域,在遥感综合信息等值线图(图 3)上对应为两个不连续的规模很小的东西向“扁豆”状高值区,属“断裂式”的低级次控矿体系或控矿构式。

III 成矿预测区:为北北西向蒋家坪断裂与具弧形转折的东西向路赶后断裂所挟持的两端发育。在遥感综合信息等值线图(图 3)上对应为一个东西向“扁豆”状高值区。且发育有对成矿有利的地层 T_{2g1}⁴、T_{2g1}⁶,属“断裂式”和“断层与有利层位交切部位”的低级次控矿体系或控矿构式。

IV 成矿预测区:预测区内东西向主干构造——仙人硐断裂与低级次的北东、北西向线性构造交切,在遥感综合信息等值线图(图 3)上对应一个总体呈东西向,又有北西向叠加于其上的高值区。仙人硐断裂在西部矿段为含矿断裂,故推测该预测区属“断裂式”的低级次控矿体系或控矿构式。

V 成矿预测区:位于黄泥坡—泥浆塘—金光坡环的东侧,北部与金光坡铜金多金属元素矿床相连。环内呈放射状的线性构造对应此处有一隐伏花岗岩突起,从已知化探资料及此处金属元素

的分带性规律可得出,花岗岩突起的周边为成矿的有利部位,亦即黄泥坡—泥浆塘—金光坡环的边缘为成矿的有利部位,且该环位于已知成矿区的部分都已发现矿化点的分布。

参 考 文 献:

- [1] 荆林海,沈远超,等.胶莱盆地北缘遥感信息提取及解译分析[J].地质与勘探,2001,37(1):91~94.
- [2] 廖崇高,杨武年,等.成矿预测中遥感与地质异常的综合分析[J].地质找矿论丛,2003,18(1):66~70.
- [3] 冶金工业部西南冶金地质勘探公司.个旧锡矿地质[M].北京:冶金工业出版社,1984.
- [4] 庄永秋,王任重,杨树培,等.云南个旧锡铜多金属矿床[M].北京:地震出版社,1996.
- [5] 王润生,杨文立.遥感线性体场的定量分析[J].国土资源遥感,1992,(3):49~53.
- [6] 刘燕军.遥感找矿的原理和方法[M].北京:冶金工业出版社,1991.
- [7] 王四龙,王西华.北京地区遥感环形构造信息提取与金矿预测[J].地质与勘探,1996,32(4):36~39.
- [8] 王青华.遥感技术在湖北黄石市—太子庙地区地质找矿中的应用[J].北京地质,1997,26(3):17~26.
- [9] 杨世瑜,颜以彬,等.云南锡矿遥感地质模型[M].昆明:云南科技出版社,1994.
- [10] 杨世瑜.矿床遥感地质的基本问题[J].西南矿产地质,1995,28(1,2):133~135.

SYNTHETIC ANALYSIS OF REMOTE-SENSING AND GEOLOGIC INFORMATION ON PREDICATION OF PERSPECTIVE ORE DISTRICTS IN KAFANG ORE FIELD OF GEJIU MINING DISTRICT IN YUNNAN PROVINCE

TANG Cong-guo^{1,2}, NIE Qi-Qiang³, LIU Cong-qiang¹, GAO
JIAN-guo⁴, WANG Rui-xue⁴, YNAG Shi-yu⁴

- (1. State Key Laboratory of Environmental Geochemistry, Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guiyang 550002, China; 2. Graduate School, CAS, Beijing 100039, China;
3. School of Civil Engineering, East China Jiaotong University, Nanchang 330013, China;
4. Earth Science Department, Kunming University of Science and Technology, Kunming 650093, China)

Abstract: On the basis of the geological features of the Kafang ore field, Gejiu mining district in Yunnan Province, by analyzing the features of linearity and ring structures and the combination of linearity and ring structures in the Kafang ore field, we present the synthetic remote-sensing information by isolines, and then calculated the critical ore-hunting values to be 7.5 and 15 by the inflexions of the frequency curve for synthetic remote-sensing information. Finally, by comparing with the values of a known area, all the perspective units are divided into two grades and five perspective districts of mineralization are put forward.

Key words: remote sensing; synthetic information; deposit prediction; perspective districts of mineralization