

信息可视化提取在“二轮找矿”中的应用^{*}

——以内蒙古狼山铜多金属隐伏矿床预测为例

吴 虹

(桂林工学院隐伏矿床预测研究所)

摘 要 采用间接法和直接法,并通过对信息可视化提取结果的地质解译,共获得1级预测区9个,2级预测区10个。TA3为最有望1级预测区。对TA3开展了地质、物探和化探相结合的中比例尺查证,找到了宽达150m的原生铜矿化带,推测存在具中型规模的铜多金属隐伏矿床。

关键词 信息;可视化提取;二轮找矿;铜多金属;隐伏矿床;预测;内蒙古

分类号 P622.7; P628; TP751.1

1 方案设计

1.1 矿产地质背景及可行性分析

研究区位于满蒙地槽与中朝地台交接处的中朝(华北)地台北沿,内蒙地轴西段,是一个褶皱及断裂构造发育,岩浆岩大面积出露,元古界中一浅变质岩系、碳酸盐岩系及太古界变质岩系广泛分布的多金属成矿区。区内有大型铜多金属矿床霍各乞,中型铜铅锌硫多金属矿床炭窑口和东升庙,以及其它小型矿床及矿点100余处,是我国重要的铜成矿区带之一。本区铜、铅、锌多金属矿床主要集中产于中元古界狼山群上部的 Pt_1 岩组内,矿床具有明显的“层控”特征。因此,查明 Pt_1 的分布规律具有重要的意义。由于 Pt_1 以含炭质为其特点(由炭质千枚岩与板岩、片岩、灰岩、白云岩等互层构成),在TM影像上具有明显区别于其它岩性地层的以黑或暗灰色为主色调的波谱特征;又由于 Pt_1 中富含由磁铁矿、磁黄铁矿、黄铜矿及黄铁矿等矿物组成的矿化夹层,在航磁数据中具有明显区别于其它岩性地层的中一强磁异常场特征,故可通过对这两种特征及相关构造和地球化学异常信息的可视化提取,来寻找本区的隐伏铜多金属矿床。

1.2 数据及图象处理区

取位于狼山成矿带中段的 $50\times 50\text{km}$ 大小的正方形区域作为本次综合地学信息可视化提取区。所利用的图像数据见表1。

1.3 方案

采用了间接法与直接法相结合,先间接法,后直接法的总体工作方案。间接法面向全区的

1996年1月4日收稿,4月3日改回

作者简介:吴虹;男,1947年出生,硕士,副研究员,计算机图像处理专业。

^{*}中国有色金属工业总公司“七五”重点科技攻关项目部分成果,本项目成果获1994年中国有色金属总公司科技进步三等奖。

预测,以圈定含矿狼山群分布区——间接预测区为目标;直接法则面向间接预测区内的预测,以圈定隐伏铜多金属矿床靶区或靶位——直接预测区为目标。因此,从间接预测区到直接预测区,是一个逐步收缩找矿范围的过程。信息可视提取在两种方法中作用位置见图 1 和图 2。

2 可视化处理模型与算法

信息可视化处理操作在间接法和直接法中都起着极为重要的作用。然而,由于目的不同,其所采用的图象处理算法也有很大区别。一般而言,圈定间接预测区——二级靶区,以采用图象增强显示处理方法为主;圈定直接预测区——一级靶区,以采取图象模式识别方法为主,并配合以其它对预测目标定位和定量了解的方法。

表 1 数据及利用情况
Table 1 Date and their using

项 目	物 探	化探分散流	遥 感	地 质
数据名称	航磁 ΔT	Cu, Pb, Zn, As, Ag, Au, V, Ti	TM 照片(4, 3, 2 波段)	矿产地质图
比例尺	1:5 万	1:5 万	1:5 万	1:20 万
前人利用情况	已作过二维数字滤波处理及解释评价	已作过异常评价	已作过地质解释	唯一的全区面积性地质图
本次利用情况	全部利用	只用了 Cu, Pb, Zn	全部利用	全部利用

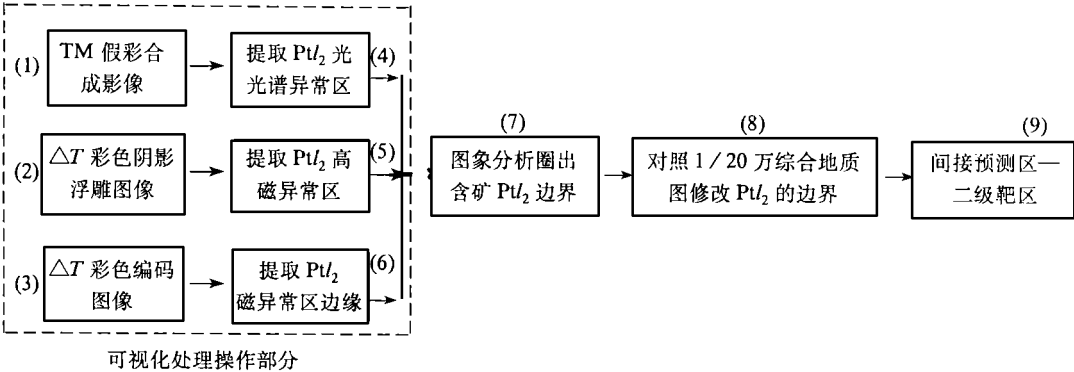


图 1 间接法工作框图
Fig. 1 The working frame of the indirect method

2.1 圈定二级预测区

圈定间接预测区的可视化操作,是通过 Overlay 技术实现的,主要方式及内容为:

$$F_i = SUM\{F_1, F_2, F_3, F_4\}$$
 (1)

式中, $F_i(i = 1, 2, 3, 4)$ 为 TM 影象和航磁异常 ΔT 图象增强处理结果,具体采用如下步骤获得:

$$F_1 = SCALE\{R\{TM_4\} \oplus G\{TM_3\} \oplus B\{TM_2\}\}$$
 (2)

$$F_2 = \text{对 CRT 显示的 } F_1 \text{ 图象作实时交互解译所获得的 } TM \text{ 线性体二值图象}$$
 (3)

$$F_3 = SCALE\{R\{PLIM_1\{CONV\{\Delta T\}\}\} \oplus G\{PLIM_2\{CONV\{\Delta T\}\}\} \oplus B\{PLIM_3\{CONV\{\Delta T\}\}\}\} \quad (4)$$

$$F_4 = COLOR\{\Delta Z_{局}\} \quad (5)$$

(2) 式为对 $TM4.3.2$ 波段影像作假彩色合成; (3) 式是对 F_1 提取的线性构造影像信息作成的二值图象。(4) 式中的 $PLIM$ 为图像灰度分段线性变换。在此, $PLIM$ 分别取三种不同的线性函数。该项可视化处理的设计思想是, 利用位场阴影浮雕图所具有的可对磁性突变界面透视反映的特殊功能, 对狼山地区的航磁 ΔT 作阴影浮雕图象处理, 并在此基础上再作假彩色合成, 以使得对该区断裂构造及矿化狼山群的边界揭示反映的效果更加显著, 从而, 更易于确定出不同断裂构造的分布。为此, 曾采用过人工光源照射和空间域卷积两种图象阴影浮雕处理法。人工光源照射法又称晕渲法, 采用的计算公式为:

$$g(x,y) = \frac{-\frac{\partial \Delta T}{\partial x} \cos \theta \cos \psi - \frac{\partial \Delta T}{\partial y} \sin \theta \cos \psi + \sin \psi}{\sqrt{(\frac{\partial \Delta T}{\partial x})^2 + (\frac{\partial \Delta T}{\partial y})^2}} \quad (6)$$

式中, θ 为人工光源相对于曲面上计算单元的方位角; ψ 为相对高度角。本次在狼山地区曾分别取过两组角度值: $\theta_1=45^\circ$, $\psi_1=45^\circ$ 和 $\theta_1=135^\circ$, $\psi_1=45^\circ$, 但阴影浮雕效果都不如空间卷积法的明显。具解译应用效果的是空间域卷积法实现的阴影浮雕图。根据本区含矿狼山群具沿 NE 走向分布的规律, 取空域卷积核为:

$$W = \begin{vmatrix} -1 & -1 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 \end{vmatrix} \quad (7)$$

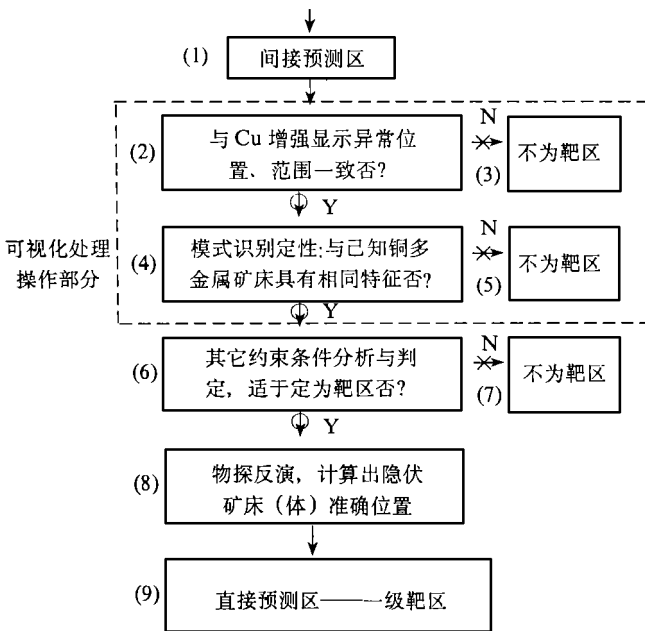


图 2 直接法工作框图

Fig. 2 The working frame of the direct method

2.2 圈定一级预测区

圈定一级预测区的可视化操作内容主要为对 Cu, Pb, Zn 分散流异常作彩色编码增强, 以及对 TM , $\Delta Z_{局}$ (ΔT 局部场的化极垂直异常), Cu, Pb, Zn 综合信息作模式识别。

为提取隐伏矿床的低微异常信息, 对 Cu, Pb, Zn 异常图象均以第三均值和第三均方差确定异常下限 (图 3); 并采取了如表 2 所示的异常灰度/彩色编码表。

采用集群分析作模式识别的目的, 是对具 Cu 异常显示的二级预测区作筛选, 即判断其是否属于与霍各乞铜多金属矿床赋存区具同类图像显示特征的区域。模式识别特征量的确定经历了多次试验, 最后采用了 (Cu, Pb, Zn), (Cu, Pb, Zn,

$\triangle T$) 和 (Cu, Pb, Zn, $\triangle T$, TM) 3 种多元信息组合分类方案。

3 预测及效果

3.1 全区

通过对可视化提取结果的地质解译, 共获得一级预测区 9 个, 二级预测区 10 个, 其分布位置见图 4。

二级预测区总面积为 681km², 占全区总面积 27%。区内地质构造一般都具有与本区成矿构造一致的走向 (NE65°)。地层主要为含矿狼山群。这些区域被列为具有重要找矿潜力的远景区。

一级预测区面积为 311km², 占全区总面积 12%。区域内普见较强且成一定规模的铜次生富集分布, 并有完整或比较完整的航磁异常显示, 此外, 很多一级预测区内还包含有已知矿床和矿点。这些一级预测区被定为找矿靶区, 列为生产部门的主要勘查目标。

3.2 关于 TA₃ 靶区

在所有 9 个一级预测区——靶区中, 最值得注意的是 TA₃ 靶区。原因是该区除了具备作为一级预测区所需的条件外。还在整个可视化识别处理过程中, 无论怎样改变变量组合与分类控制参数, 都“顽强”地表现出具有与霍各乞大型铜多金属矿床赋存区域相似的综合地学信息图象显示特征, 因此, 有理由推测其属于与霍各乞矿床同类型的成矿预测区。

表 2 Cu Pb Zn 图像灰度/彩色线性编码

&Table 2 Gray level/color linear code for the elements Cu Pb and Zn						
序号	CK	灰度级编码	彩色编码			颜色
			R	G	B	
— 1	$C_0 - S$	$0 \sim \text{Int}[(C_0 - S)/(C_0 + 4S)] 255$	0. 1	0. 1	1	深蓝
0	C_0	$\text{Int}[255(C_0 - S)/(C_0 + 4S)] + 1 \sim \text{Int}[255C_0/(C_0 + 4S)]$	0. 12	0. 5	1	浅兰
1	$C_0 + S$	$\text{Int}[255C_0/(C_0 + 4S)] + 1 \sim \text{Int}[255(C_0 + S)/(C_0 + 4S)]$	0	1	0	绿
2	$C_0 + 2FKS$	$\text{Int}[255(C_0 + S)/(C_0 + 4S)] + 1 \sim \text{Int}[255(C_0 + 2S)/(C_0 + 4S)]$	1	1	0	黄
3	$C_0 + 3S$	$\text{Int}[255(C_0 + 2S)/(C_0 + 4S)] + 1 \sim \text{Int}[255(C_0 + 3S)/(C_0 + 4S)]$	0. 8	0. 5	0. 2	棕
4	$C_0 + 4S$	$\text{Int}[255(C_0 + 3S)/(C_0 + 4S)] + 1 \sim \text{Int}[255(C_0 + 4S)/(C_0 + 4S)]$	1	0	0	红

然而, 笔者注意到这一预测结论与本区传统找矿方向相矛盾。因为 TA₃ 内的地层主要为传统认为不含矿的未分岩组 Pt₁ 狼山群下部), 而不是控矿地层 Pt₁₂, 如何处理最新获得的认识与传统认识的不一致? 分析认为, 更应该相信本次处理获得的事实, 而不是过去的传统认识。

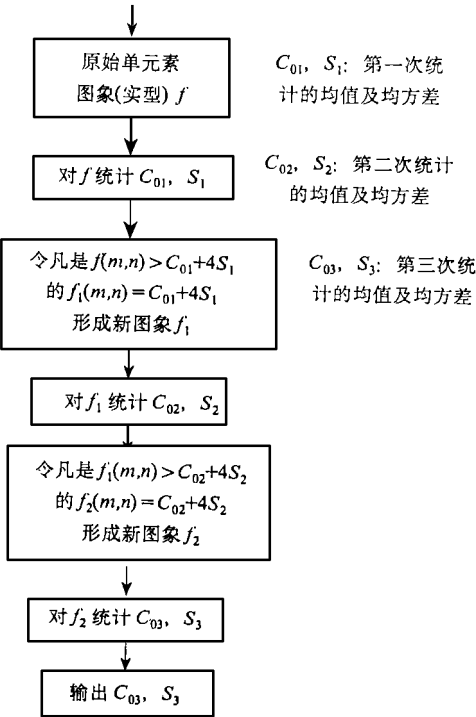


图 3 计算步骤框图
(以第三均值和第三均方差计算异常下限)
Fig. 3 The frame of caculation steps for theanomaly threshold based on the 3' th average background value and the 3' th average variance

获得超出传统观念的认识,正是“二轮找矿”所要达到的目的和意义之所在。为此,本文提出两点见解:

(1) TA_3 内的 Pt_B 中应赋存含矿层位,或许, Pt_B 本身(或者其中的有些部分)就属于含矿岩性段 Pt_{I_2} 或 Pt_{I_4} 。

(2) TA_3 内可能存在热动力成因的接触变质型铜多金属矿床,并且,其具有与霍各乞矿床相似的成矿场及矿物组合特征,但却具有更大的产出规模。

根据本次预测研究结果,对 TA_3 靶区进行了地、物、化相结合的中比例尺查证,发现在沿海西花岗岩(γ_4)与变质岩外接触带的地段上,有规律地分布着呈串珠分布的铜分散流趋势分析剩余异常,无论增加或者降低趋势方程的次数,这一现象都稳定存在,表明了这种地球化学异常存在的客观性。对其中一些剩余异常作了实地地物化综合剖面测量查证,在相应地段上发现了较大范围分布的以孔雀石为特征的铜次生富集带,并寻找到了顺岩层面产出的薄层原生铜矿化露头。为查明矿体(床)的隐伏分布,根据本区铜多金属矿床多与磁铁矿共生的规律,还对 TA_3 内的有关磁异常作了反演计算,从地球物理角度定量推算了预测的铜多金属隐伏矿床(体)的埋深及范围。另外,还利用剖面地质和岩石化学数据资料与霍各乞矿床进行了矿床成因对比研究,也获得了许多表明 TA_3 预测区存在良好的找矿前景的证据。

4 结 语

(1) TA_3 靶区的提出及初步验证,除了表明信息可视化提取技术本身在“二轮找矿”中的应用成功之外,或许,在地质上的意义还更大,因为,本次预测研究的结论意味着,过去曾一度被认为是与成矿无缘的狼山群下部未分岩组 Pt_B 其实是有缘的,而 Pt 在整个狼山地区有大面积分布;此外,新矿床类型——热动力接触变质型的提出,将有助于加快打开狼山地区找矿的局面。因此,本文在“预测及效果”一节中所提出的两点见解,亦是狼山地区今后找矿的两个方向。

(2) 采用基于 GP 的信息可视化提取技术,可以把找矿预测的信息提取处理由不见的盲处理——“黑箱”处理,变成为可视化的实时交互处理——“白箱”处理。这一改变不仅提高了地质人员对找矿信息提取过程的主动经验干预能力,而且,还极大地提高了对隐伏矿床信息的揭示反映效果,从而使难度较大的“二轮找矿”在操作上变得较为简单和易于实现。

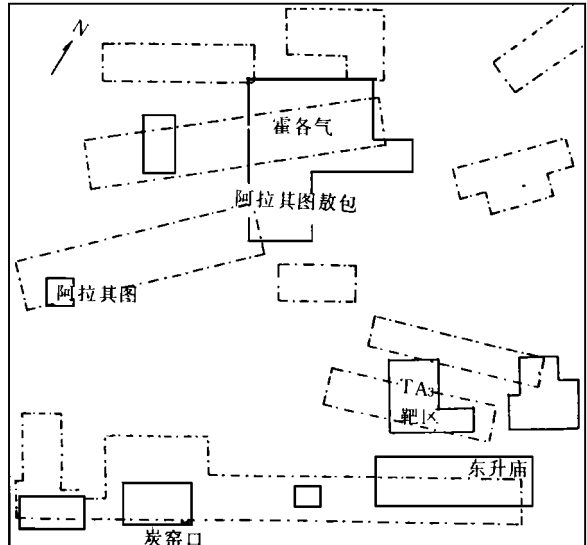


图 4 信息可视化提取圈定的一级和二级找矿预测区
(实框为一级预测区。虚框为二级预测区。 TA_3 靶区位于图区右下方。

Fig. 4 Determined grade NO. 1 and NO. 2 prognostication areas for mineral exploration by means of information visual extrating

参 考 文 献

1 吴虹. “三隐”预测的信息可视化提取技术. 桂林工学院学报 1996, 16 (2): 129~135

APPLICATION OF VISUAL EXTRATING INFORMATION TO
SECOND EXPLORATION: AN EXAMPLE OF THE
PROGNOSTICATION FOR THE HIDDEN
CU—MULTIMETAL DEPOSITS IN LANGSHAN AREA,
NEI MONGGOL

Wu Hong

(*Research Institute of Hidden Ore Deposits Prognostication, Guilin Institute of Technology*)

Abstract According to the results of geological explanation by using the indirect and the direct methods of the information visual extrating, nine grade No. 1 prognostication areas and ten grade No. 2 prognostication areas have been obtained. The target area TA₃ is most hopeful grade No. 1 prognostication area. The primary copper mineralized belt with 150m in width has been discovered. Therefore, it is inferred that the medium scale hidden copper deposit exists here after prospecting and verifing in geology, geophysics and geochemistry on the medium scale. Thus, the ore prospecting has been expanded in Langshan area.

Key words information; visual extrating; second exploration; Cu—multimetal; hidden disposit; prognostication; Nei Monggol