

香花岭锡矿床数学模型及立体定量预测初探

毛先成 陈国琰

(中南工业大学地质系)

本文以香花岭矿田似层状锡石硫化物矿床为例,通过立体单元划分、变量的选择和取值及矿床数学模型的研究,建立了矿床立体定量预测模型,给出了具有定位、定质和定量意义的预测结果。

关键词: 锡矿床; 立体模型; 数学模型; 定量预测



工作方法

随着找矿向深部、边部和外围过渡,矿床立体定量预测将成为矿床统计预测的重要发展方向之一。此项研究工作,为解决矿山资源不足开辟了一条新途径。

香花岭矿田似层状锡石硫化物矿床系与癞子岭黑云母花岗岩有关的中高温热液矿床,其形成和分布均受矿区主干断裂 F_1 控制。矿床赋存地层以泥盆系碳酸盐岩、砂页岩为主,次为寒武系浅变质砂岩、板岩。矿体呈似层状产于 F_1 断层中。

立体单元的划分

1. 立体单元的划分与定位

立体定量预测,与中比例尺成矿远景区定量预测不同,其所划分的单元为立体单元。由于立体定量预测是一项战术性工作,直接与找矿勘探有关,所以立体单元划分的影响因素较多。笔者认为主要因素有:地质条件和矿床空间分布的复杂程度;预测的精度及比例尺;勘探工程布置;预测要求的单元数目。由此出发,对香花岭矿田作如下考虑:

(1) 因 F_1 断层为容矿空间,它决定了

矿体呈似层状产出,故立体单元的形态和分布应与 F_1 断层产状一致。 F_1 走向稳定,倾向变化大,则单元在水平面上投影应为矩形,且矩形的长边平行于 F_1 走向。因所择坐标的 x 轴与 F_1 平均走向夹角很小(为 3.3°),故把 x 轴作为单元长边方向, y 轴作为短边方向。

(2) 锡含量的三次趋势图表明,椭圆形封闭的等值线沿 x 轴和 y 轴方向的长度为2.3:1,即 y 轴方向矿体的变化程度近于 x 轴方向的2倍,故取矩形的长宽比为2:1。

(3) 已知区钻孔水平距最密为50米,沿脉坑道水平距为52.8米,故把矩形的宽度定为50米。

(4) 对于平面预测,一般取1~4厘米²图上面积作为平面单元大小,本例则取2厘米²作为立体单元的水平投影面积。预测比例尺为1/5000,所划分的主体单元水平投影的实际面积为5000米²,如取矩形宽为50米,则其长应为100米。

(5) 因矿床形态为单层似层状,故铅直方向矿体仅占一个单元,若考虑单元水平投影面,则把单元高取为40米。

(6) 因矿床与 F_1 断层产状一致,故可用 F_1 断层面的曲面方程 $z=f_1(x, y)$ 对立体单元进行空间定位。

综上所述,对全区按 $100 \times 50 \times 40 \text{米}^3$ 规格进行划分,共得243个单元。立体单元的空间定位按下式进行:

$$\begin{cases} x = X_0 + (IX - 1) \cdot DX \\ y = Y_0 + (JY - 1) \cdot DY \\ z = f_1(x, y) \\ (x, y, z) \in D_M \end{cases}$$

式中, D_M ——矿床域,即 $D_M: y \geq f_2(x)$, $0 \leq f_3(x, y)$, $z = f_1(x, y)$; $X_0 = -1870.0$, $Y_0 = -1545.0$, $DX = 100.0$, $DY = 50.0$, (x, y, z) ——某立体单元中心点坐标; (IX, JY) ——某单元水平投影的整数坐标。

$$\begin{aligned} f_1(x, y) = & 456.78 + 0.28547 \times 10^{-1}x \\ & - 0.63915 \times 10^0y - 0.21327 \\ & \times 10^{-4}x^2 + 0.54028 \times 10^{-4}xy \\ & + 0.11642 \times 10^{-3}y^2 - 0.27106 \\ & \times 10^{-7}x^3 + 0.56968 \times 10^{-7}x^2y \\ & + 0.54173 \times 10^{-7}xy^2 - 0.18813 \\ & \times 10^{-7}y^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_2(x) = & 193.83 - 0.56594 \times 10^{-1}x \\ & - 0.99471 \times 10^{-4}x^2 - 0.37418 \\ & \times 10^{-7}x^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_3(x, y) = & 31.93 + 0.611018 \times 10^{-1}x \\ & - 0.126586 \times 10^{-1}y - 0.49530 \\ & \times 10^{-3}x^2 - 0.17611 \times 10^{-2}xy \\ & - 0.10396 \times 10^{-2}y^2 + 0.62365 \\ & \times 10^{-8}x^3 + 0.50000 \times 10^{-6}x^2y \\ & + 0.12000 \times 10^{-5}xy^2 \\ & + 0.40000 \times 10^{-6}y^3 \end{aligned}$$

2. 已知单元和未知单元的确定

有矿化数据(品位、脉幅)分布其中的单元称为已知单元或控制单元,否则称为未知单元或预测单元。经分析,本区有控制单元63个,预测单元180个。由控制单元所构成的三维空间区域称为控制区,由未知单元所构成的区域称为预测区。控制区分布于太平区段,预测区分布于塘官铺区和新凤深部。

矿化频率分布及变量选

择、取值和预处理

1. 矿化频率分布

把落入单元的样品的锡含量按样长加权平均得单元锡含量(SN)及单元锡含量的累乘量(HSN)。作SN和HSN的频率分布计算,得出各种统计参数(表1),经皮尔逊 χ^2 检验表明,SN和HSN均满足正态分布。

SN及HSN的统计参数 表1

变量	均值	均方差	偏度	峰度	统计量 (η)	$\chi^2_{0.05}$ (14)	H_0 否
SN	0.889	0.458	0.018	-0.788	3.61	22.67	接受
HSN	0.913	0.574	0.903	1.059	14.31	23.67	接受

表中, H_0 为 $F(y) = F_0(y)$, $F_0(y)$ ——正态 $N(a, \sigma)$ 的分布函数; $F(y)$ ——总体的分布函数; y ——变量SN或HSN

2. 变量的选择和取值

矿床形成和分布均受地层岩性、构造和花岗岩等条件控制。从研究上述条件的基本特征入手,在定性分析基础上,利用多种统计分析、最优化和空间解析几何等方法,对控矿因素进行了定量化,从而得出反映控矿地质条件的16个变量取值。各变量的含义如下:

- (1) DFF——单元至 F_1 与 F_2 、 F_3 、 F_4 等断层交叉构造的距离;
- (2) W1—— F_1 断层的Ⅰ级波状构造;
- (3) W2—— F_1 断层的Ⅱ级波状构造;
- (4) G1—— F_1 断层的Ⅰ级陡缓变化或Ⅰ级梯度;
- (5) G2—— F_1 断层的Ⅱ级陡缓变化或Ⅱ级梯度;
- (6) DFG——单元至 F_1 断层与花岗岩顶面交线的距离;
- (7) RFG1——接触带与 F_1 断层交切构

- 造中的Ⅰ级波状起伏；
- (8) RFG2——接触带与 F_1 断层交切构造中的Ⅱ级波状起伏；
- (9) DGG——单元至花岗岩顶面的距离；
- (10) RGG1——花岗岩顶面的Ⅰ级凸起、凹陷；
- (11) RGG2——花岗岩顶面的Ⅱ级凸起、凹陷；
- (12) L1—— D_1l_1 和 ϵ_1 砂岩、变质砂岩、板岩；
- (13) L2—— D_2d_1 泥灰岩；
- (14) L3—— D_2d_2 白云岩；
- (15) L4—— D_2d_3 灰岩；
- (16) DPB——单元至上覆屏蔽层的距离。

除L1, L2, L3, L4为二态变量外, 其余均为连续性变量。

上述变量是依据各自的地质意义单独选取的, 各变量的含义不同, 但不同的变量所携带的成矿信息仍有可能重叠。

若预测模型为线性的, 则携带重叠成矿信息的两个变量将表现为线性相关, 具有较高的相关系数。相关系数可帮助寻找有较多信息重叠的变量, 但相关系数较大的变量不一定具有重叠的成矿信息。例如, $R_{DFF-L_2}=0.7288$, DFF为单元至断层交叉构造的距离, L2为 D_2d_1 灰岩, 前者属断层条件, 后者属岩性条件, 显然二者所提供的成矿信息截然不同, 其中任何一个都不能被剔除。二者间有高的相关系数, 这是因为在空间上的分布具有一致性。在鉴别成矿信息有重叠的变量时, 既要考虑相关系数的大小, 又要考虑变量提供成矿信息的地质意义。经分析, 变量G2, RGG1, RGG2应被剔除。

此外, 还采用逐步回归分析对变量进行筛选。给定不同的引入变量和剔除变量临界值(取1.9, 1.0, 0.5, 0.0等), 均发现引入的变量不再被剔除, 即自变量对因变量

(矿化)所提供的统计信息(成矿信息)无重叠或很少重叠。

3. 变量的预处理

据矿化频率分布, 因变量(SN和HSN)呈正态分布, 已满足回归方程的要求, 故无需作改变分布律的变换。为统一量纲, 各自变量和因变量均作了标准化变换。

矿床数学模型

按系统论的观点, 成矿环境、成矿作用和矿床是一个统一的有机整体, 称为成矿系统。该系统由多种要素组成, 主要包括成矿物质和控矿地质条件。矿床正是这些要素相互作用、相互联系的结果, 因此, 矿床可视为成矿系统的功能。

因成矿系统具有因素众多、结构复杂、功能综合的特点, 故只能用功能模拟的方法来对成矿系统进行模拟。又因成矿系统包含许多随机因素, 矿床(系统功能)与成矿地质条件(系统要素)之间不存在确定性的函数关系, 故成矿系统的功能模拟需采用回归分析的方法。

1. 矿床值的回归模型

把所选择的13个变量(控矿因素)作为自变量, 矿床值SN和HSN作为因变量, 进行线性回归分析, 得矿床值的回归模型, 其公式为:

$$\begin{cases} \hat{SN} = b_0 + \sum_{i=1}^{13} b_i x_i & (1) \\ \hat{HSN} = b_0' + \sum_{i=1}^{13} b_i' x_i & (2) \end{cases}$$

式中, $b_i, b_i' (i=0, 1, \dots, 13)$ ——第 i 个自变量的回归系数; $x_i (i=1, 2, \dots, 13)$ ——第 i 个自变量; $\hat{SN}, \hat{HSN}$ ——SN, HSN的回归估值。各回归系数见表2。

计算复相关系数和 F 检验如下:

(1) 回归方程(1)

复相关系数: $R=0.60759$;

F 检验: $F(13, 49) = 2.2056 > F_{0.05} =$

多元线性回归系数表

表 2

因变量 \ 自变量	常数项	DFF	W1	W2	G1	DFG	RFG1
$\hat{SN}$	-0.57335 $\times 10^1$	-0.23986 $\times 10^{-3}$	-0.30591 $\times 10^{-2}$	-0.31556 $\times 10^{-2}$	0.11651 $\times 10^2$	-0.14229 $\times 10^{-2}$	-0.87339 $\times 10^{-3}$
$\hat{HSN}$	-0.58967 $\times 10^1$	-0.53274 $\times 10^{-3}$	0.65507 $\times 10^{-2}$	0.56183 $\times 10^{-2}$	0.11604 $\times 10^2$	-0.56377 $\times 10^{-3}$	-0.19625 $\times 10^{-2}$
因变量 \ 自变量	RFG2	DGG	L1	L2	L3	L4	DPB
$\hat{SN}$	0.10309 $\times 10^{-2}$	0.60602 $\times 10^{-3}$	-0.13628 $\times 10^1$	0.19233 $\times 10^{-1}$	0.32547 $\times 10^{-2}$	0.44385 $\times 10^0$	-0.16575 $\times 10^{-2}$
$\hat{HSN}$	0.17010 $\times 10^{-2}$	-0.22635 $\times 10^{-2}$	-0.12498 $\times 10^1$	0.23371 $\times 10^{-3}$	-0.17460 $\times 10^0$	0.51089 $\times 10^0$	-0.46688 $\times 10^{-3}$

1.9257, 回归效果显著。

(2) 回归方程 (2)

复相关系数: $R = 0.66294$;

F 检验: $F(13, 49) = 2.9554 > F_{0.05} =$

1.9257, 回归效果显著。

分析表明, 上述方程能满足统计意义上的显著性检验, 并与地质结论相容。

2. 矿床产出概率的回归模型

矿床的形成和分布受多种随机因素影响, 在成矿过程中, 矿床则按一定的概率产

出。若把已知区达到工业要求的单元取概率为 1, 否则为 0; 把矿床产出概率作为因变量, 控矿因素作为自变量进行罗吉斯蒂回归分析, 则有:

$$\hat{P} = 1 - 1 / \left[1 + \exp \left(\beta_0 + \sum_{i=1}^{13} \beta_i x_i \right) \right] \quad (3)$$

式中, $\hat{P}$ ——矿床产出概率 P 的回归估值;

$\beta_i (i=0, 1, \dots, 13)$ ——回归系数。

系数 $\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_{13}$ 为极大似然估计量, 其求解采用牛顿迭代法, 计算结果见表 3。

罗吉斯蒂回归系数表

表 3

因变量 \ 自变量	常数项	DFF	W1	W2	G1	DFG	RFG1
$\hat{P}$	-0.41006 $\times 10^3$	0.47383 $\times 10^{-2}$	-0.4552 $\times 10^{-1}$	-0.46341 $\times 10^{-1}$	0.57923 $\times 10^2$	-0.15013 $\times 10^{-1}$	-0.12491 $\times 10^{-1}$
因变量 \ 自变量	RFG2	DGG	L1	L2	L3	L4	DPB
$\hat{P}$	0.12306 $\times 10^{-1}$	0.38466 $\times 10^{-1}$	0.40310 $\times 10^0$	0.89047 $\times 10^1$	0.14138 $\times 10^2$	0.12328 $\times 10^2$	-0.12010 $\times 10^{-1}$

计算复相关系数, 得 $R = 0.65476$, 但因罗吉斯蒂回归分析中的 R 的分布律尚未弄清, 故用 R 无法进行假设检验。采用另一统计量似然比指数 ρ^2 , 经证明, ρ^2 分布与 χ^2 分布有关, 且具有与复相关系数相对应的性质, 故可用于检验回归效果。计算得, ρ^2

(48) $= 0.5790 > \rho^2_{0.05} = 0.412^2$, 回归效果显著。分析表明, 方程 (3) 与地质结论相容。

立体定量预测模型

1. 变量的代表性和对等性

变量的代表性是指变量的取值区与其代表的未取值区之间的变异度。上述模型(1)、(2)、(3)中变异度最大的变量是W2(断层的Ⅱ级波状构造),其半波长的水平投影为500~700米。笔者进行外推时,由地表向深部外推的最大距离的水平投影为800米,这说明变量变异度能满足外推的要求,即各变量属能反映深部地质特征的推断变量。

太平区段(已知区)研究程度高,有大量的坑道和钻孔揭露,工程最密间距达40米,新风深部(未知区)也有一定数量的钻孔控制。塘官铺(未知区)仅有地表填图资料及近地表645坑道和少量钻孔控制,其研究程度远不如太平和新风,但在利用已知区深部和未知区地表、浅部及深部少量资料外推时,未知区的各单元同样可获得令人满意的取值。因此,所选择的变量在已知区和未知区具有对等性。

2. 控制区的代表性

由控制区资料所建立的模型对整个研究范围具有代表性,根据如下:

(1) 控制区和预测区的控矿因素类同;

(2) 控制区和预测区在矿化分带上具有统一性;

(3) 在类同的控矿因素作用下,产生同一的矿化分带,表明控制区和预测区受统一的成矿规律支配;

(4) 控制区反映了整个研究范围控矿因素和矿化在空间分布上的变异性,表现在控制区内断层波峰波谷、断层交叉构造、岩体顶面形态起伏、接触带与断层交切构造、各种岩性(灰岩、白云岩、砂岩)、热液屏蔽层、有矿单元和无矿单元均有分布。即控制区各自变量和因变量的数值区间近似地代表了整个研究区域的数值区间;

(5) 控制区研究程度深、数据水平高,建立的模型统计效果显著,地质意义明显,故依据控制区资料所建立的模型能反映

出矿床的形成和分布规律。

3. 立体定量预测模型

上述分析表明,变量具有代表性和对等性,控制区具有代表性,模型能反映出矿床的形成和分布规律。因此,矿床数学模型(1)、(2)、(3)可直接转换成预测模型。

立体定量预测的目的是对三维立体矿床的可能规模进行估计,包括矿床产出的空间位置、质量、数量和概率。矿床数学模型仅给出矿床值与控矿因素的定量联系,但并未达到立体定量预测的目的,为此作如下补充:

(1) 为给出矿床产出的空间位置,引进立体单元的空间定位公式;

(2) 把 $\widehat{HSN}$ 变成对矿床数量(单元金属量)的估计,其公式为:

$$\widehat{V} = \widehat{HSN} \cdot S \cdot D \quad (4)$$

式中, $\widehat{V}$ ——单元含锡量的估计值;
 $\widehat{HSN}$ ——单元锡含量累乘量的估计值;
 S ——单元水平投影面积; D ——相应的矿石体重(湿度校正后)。

由此,得出立体定量预测模型,它能对研究范围内任一给定的 $100 \times 50 \times 40 \text{ m}^3$ 立体单元中矿床产出的质量、数量、空间位置和概率进行估计,其公式为:

$$\left\{ \begin{array}{l} X_i = X_0 + (IX - 1)DX \\ Y_i = Y_0 + (JY - 1)DY \\ Z_i = f_1(X_i, Y_i) \\ (X_i, Y_i, Z_i) \in D_M \end{array} \right. \quad (5)$$

$$\widehat{SN}_i = b_0 + \sum_{j=1}^{13} b_j x_{ij} \quad (6)$$

$$\widehat{V}_i = (b'_0 + \sum_{j=1}^{13} b'_j x_{ij}) \cdot S \cdot D \quad (7)$$

$$\widehat{P}_i = 1 - 1/[1 + \exp(\beta_0 + \sum_{j=1}^{13} \beta_j x_{ij})] \quad (8)$$

式中, i ——单元的编号($i=1, 2, \dots, 243$);
 $X_0 = -1870.0$, $Y_0 = -1545.0$, $DX = 100.0$, $DY = 50.0$; IX, JY ——第 i 单元

的水平整数坐标; (X_i, Y_i, Z_i) ——第 i 单元中心点坐标; D_M ——矿床域; $\widehat{SN}_i$ ——第 i 单元锡含量的估计值 (%); $\widehat{V}_i$ ——第 i 单元含锡量的估计值 (吨); $\widehat{P}_i$ ——产出工业矿体的概率; x_{ij} ——第 j 变量于第 i 单元的取值; b_j, b_j', β_j ——回归系数 (表 2, 表 3) ($j=0, 1, \dots, 13$); S ——单元面积, 为 $100 \times 50 \text{米}^2$; D ——相应的矿石体重 (吨/米³)。

预测模型的精确性和可

靠性评价

1. 原始数据的可靠性

(1) 工程对地质体的控制程度: 控制区钻孔水平间距为 40~50 米, 与单元划分规格相当, 故工程对地质体的揭露达到了预测模型的要求。利用工程资料建立的模型也达到了对地质体的较佳模拟, 如花岗岩顶面的三次趋势模拟图与岩体的实际形态较吻合, 表明工程对地质体的控制程度高。

(2) 样品化学分析质量检查: 内、外检超差率均 $\leq 30\%$, 表明原分析结果可靠。

2. 预测模型的精确性评价

矿床的形成和分布受多种随机因素影响, 故无法精确地得到矿床真值, 但预测模型可给出矿床真值的估计值。估计值与矿床真值的偏离程度是预测模型精确程度的反映, 故定义: 预测模型的精度是指在一定信度下预测值与真实值的偏离范围, 用 δ 表示。模型的相对误差或相对精度 (μ) 为:

$$\mu = \frac{\delta}{\bar{y}} \cdot 100\% \quad (9)$$

式中, $\bar{y}$ ——矿床真值的平均值; δ ——预测值与真值的偏差范围 ($\delta = t_{(n-m-1)}(\alpha) \widehat{\sigma}_e$); α ——信度; $t_{(n-m-1)}(\alpha)$ ——自由度为 $n-m-1$ 的 t 分布临界值; $\widehat{\sigma}_e$ ——剩余均方差。

对于 δ 的计算, 前人曾提出, 在正态分

布的前提下, 用 $\delta = \widehat{\sigma}_e$ 作为模型的精度, 这相当于取信度 $\alpha = 0.34$ 时正态分布的临界值 $U_\alpha = 1$ 的情形。

t 分布与正态分布近似, 同样可取信度 $\alpha = 0.34$ 来计算 δ 和 μ 。结果为: $\delta_{\widehat{SN}} = 0.388$, $\mu_{\widehat{SN}} = 44\%$; $\delta_{\widehat{H\widehat{SN}}} = 0.388$, $\mu_{\widehat{H\widehat{SN}}} = 50\%$ 。由此可知, 对单元锡含量及金属量的估计误差均不大于 50%, 满足预测模型的精度要求。

3. 预测模型的可靠性评价

模型的可靠性是指矿床真值落在预报区间内的概率, 用 R_M 表示。模型确定后, 预报值 $\widehat{Y}$ 便依赖于各控矿因素 x_j , 所以模型的可靠性取决于各因素 x_j 。

若把模型预测视为一个随机试验, 记为 B , 则 x_i 便是试验结果发生的原因。显然, 试验结果发生的可能性既与各因素 x_j 的发生概率 (可靠性) 有关, 又与各因素的贡献大小有关。据全概率公式, 则得模型可靠性公式为:

$$\begin{aligned} R_M = P(B) &= \sum_{j=1}^m P(B|x_j) P(x_j) \\ &= \sum_{j=1}^m c_j R_j \end{aligned} \quad (9)$$

式中, c_j ——因素 x_j 的相对贡献; R_j ——因素 R_j 的可靠性。

(1) 各因素 x_j 的相对贡献及可靠性见表 4。

(2) 据表 4 和公式 (9) 计算预测模型的可靠性:

1) 模型 (6): $R_{M1} = 0.961$;

2) 模型 (7): $R_{M2} = 0.968$

(3) 矿床空间定位的可靠性 R_{M0} , 既取决于单元定位基准面的可靠性 R_{F1} , 又取决于不漏失矿体的概率 R_{OR} 。设 R_{F1} 和 R_{OR} 的贡献相同, 则有:

$$R_{M0} = \frac{1}{2} R_{F1} + \frac{1}{2} R_{OR} = 0.992$$

因预测模型由定位、定质和定量模型构

各因素(x_j)的相对贡献及可靠性

表 4

因素 (x_j)		DFF	W1	W2	G1	DFG	RFG1	RFG2	DGG	L1	L2	L3	L4	DPB
相对贡献(f)	模型 (6)	0.033	0.043	0.023	0.267	0.053	0.037	0.058	0.017	0.301	0.005	0.001	0.063	0.09
	模型 (7)	0.063	0.079	0.035	0.229	0.018	0.071	0.083	0.053	0.238	0.000	0.043	0.063	0.024
可靠性 (R_j)		0.847	0.890	0.890	0.986	0.946	0.889	0.889	0.906	0.994	0.964	0.984	0.938	0.965

各区段金属量 (Sn) 和含矿概率预测值

表 5

	区段	估计金属量 (吨)	估计平均 含矿概率	预测矿体分布标高 (米)	实际金属量 (吨)	实际 含矿概率	实际矿体分布标高 (米)
控制区	太平	20453	0.812	400~700	19834	0.778	400~700
	新风			200~400			200~400
预测区	新风深部	17140	0.973	0~400			
	塘官铺	908	0.056	580~700			
	其他	3848	0.819	550~670 250~390			
全 区		42349	0.482	0~700			

表中金属量均乘以常数k。

成, 故预测模型的可靠性 R_M 应按串联系统的可靠性公式计算:

$$R_M = \prod_{i=1}^2 R_{Mi} = 0.904$$

综上所述, 无论单一预测模型, 或是综合预测模型, 其可靠性均大于90%, 故所建立的预测模型是可靠的。

预测结果与找矿方向

1. 预测结果

① 单元锡含量、金属量和含矿概率估计。用模型 (5)、(6)、(7)、(8), 对控制区和预测区各单元的锡含量、金属量和含矿概率进行了估计。对比控制区各单元的估计

金属量与实际金属量, 得平均误差为63.9%, 达到了预测储量的要求。

② 区段金属量估计。依据单元的估计结果, 对锡含量大于工业品位 (0.5%) 的单元 (称为有矿单元), 按区段计算金属量, 其结果见表5。据表5, 对比控制区金属量的估计值和实际值, 计算出区段金属量估计的相对误差为3.1%, 表明预测模型对区段金属量具有较高的精度。

2. 找矿方向 预测结果表明, 有矿远景区主要分布于新风深部 0~400米 标高范围, 其含矿概率大, 期望的金属量高 (表5), 故新风深部将是矿山扩大金属储量的主要地段。

The Xianghualing Sn-deposit: Its Mathematical Model and Three-dimensional Quantitative Prognostication

Mao Xiancheng Chen Guoguang

Taken the stratoid cassiterite-sulfide deposit of the Xianghualing ore-field as an example, after a mathematical study of the deposit, we divide the three-dimensional deposit into a number of cubic units, choose appropriate variables and assign a value to each unit in order to establish a three-dimensional quantitative prognostic model for the deposit. By this model the results obtained by prognosis will be of localization, qualitative and quantitative significance.