

特征分析法在广西南丹芒场 锡—多金属矿田隐伏矿床预测中 的应用

沈 镭

(中国科学院国家计委 自然资源综合考察委员会)

提 要 作者利用特征分析法对广西南丹芒场锡—多金属矿田隐伏矿床(体)进行了定量预测。通过选择21个地质、物化探变量,建立了矿田内成矿预测模型,并计算了预测区内各单元的成矿有利度,指出了矿田内成矿预测远景区,部分成矿远景区已为勘探所证实。

关键词 特征分析法 成矿有利度 成矿模型 芒场锡—多金属矿田

一、方法概述

特征分析是从变量中提取各变量具有的综合特征,通过建立反映某一类型矿床的特征模型来达到预测该类型矿床的目的,以已知对比未知,即通过一定的数学方法找到该类型矿床的“特征”,利用矿床的三维环境(包括地质环境、物理性质和化学性质)以及卫星影像特征和成矿作用等方面的数据,建立、检查和运用矿床模型,快速确定评价区的评价对象(单元或矿点)同已知模型的相似程度或产出矿床的有利程度。

我们参照了 R·B·McCammon 最新成果,对广西南丹芒场锡—多金属矿田隐伏矿床(体)进行了预测,其预测的特征模型是按下列三个步骤来建立的。(1)根据含矿单元建立原始成矿模型;(2)用原始成矿模型计算各单元的成矿有利度,挑选有利度与含矿单元相等或相近的单元,重建广义成矿模型;(3)检查广义成矿模型中是否有成矿有利度低于含矿单元中最小有利度的单元。如有则删除,删除后再重建的模型称为最终模型。

控矿单元各变量的原始数据必须转换成逻辑变量(即表示地质因素逻辑上对立的各种状态)。逻辑变量可以是“0”和“1”两种状态;也可以是“-1”“0”和“+1”三种状态。三态变量中“-1”和“+1”表示某变量在逻辑上两种对立的状态,“0”表示中间状态。本次预测中所有变量均转换为三态逻辑变量。转换准则以对成矿是否有利为准,对成矿有利为+1,对成矿不利为-1,介于两者之间则为0。

预测区位于广西著名的(南)丹—(河)池成矿带北部巴平—芒场—星店一带(图1)。前人在

1:20万基础地质资料之上,进行过较大比例尺的矿产详查和勘探工作,提交了一定的矿产储量,同时该区还先后进行各种科研和生产

工作,为本区的成矿预测提供了大量的原始数据资料。本文旨在大比例尺(1:5000)资料的基础上,利用特征分析法和计算机,挖掘有关成矿信息,预测矿田内有利的成矿远景区。

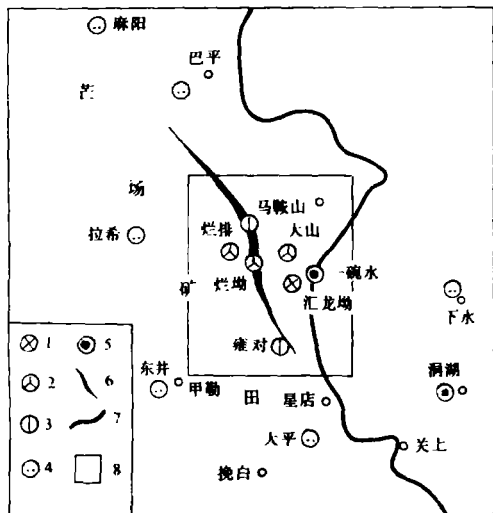
二、矿田地质概况

该矿田地处丹池褶断带北西端,属于广西山字型构造南弧西翼北端。矿田主体构造为芒场复式背斜和北北西向丹池深大断裂。芒场背斜轴部由中泥盆统纳标组、罗富组泥质灰岩、灰岩、角岩、砂岩、泥岩、硅质岩及上泥盆统榴江组硅质岩、泥岩、灰岩组成,两翼为石炭、二叠系地层。在中泥盆统纳标组上、下段,罗富组及上泥盆统榴江组上、下段中,分别有锡、铅、锌、锑、汞矿化,局部赋存有工业矿体。矿田内断裂除丹

池深大断裂外,还发育有北西、北东及近南北、近东西向断裂。丹池深大断裂是矿田内的导岩导矿构造,而与之相伴生的次级断裂、裂隙则是控矿、容矿的重要构造。芒场背斜控制矿田,而断裂纵横交错、裂隙发育地段对成矿极有利。另外,矿田内还发育有一系列NNE向燕山晚期褶皱,广泛叠加于芒场复背斜之上,形成等间距离分布的叠加褶皱,这些叠加褶皱控制了工业矿体的产出部位。

矿田内出露有10多条燕山晚期花岗斑岩、石英斑岩、闪长玢岩、石英黑云母安山玢岩。它们侵入于中、上泥盆统及下石炭统中,多呈岩脉,少数呈岩床、岩墙产出。围岩较普遍发生热变作用和蚀变作用。岩体本身普遍含W、Sn、Cu、Pb、Zn、As、Ag、Ga、Nb、Li等微量元素,和有用矿物锡石、黑钨矿、白钨矿、辉钼矿、方铅矿、辉锑矿、毒砂等。矿体产于岩体内外接触带,同时也是土壤及Sn、Cu、Pb、Zn、As、Sb等元素和航磁、重力异常分布区。

已知中小型矿床(点)十多处。有产在芒场隐伏岩体高突处的汇龙坳钨、钼矿床;芒场背斜轴部烂坳、西翼烂排、东翼大山和汇龙坳等锡-多金属矿床;北倾伏端的马鞍山银铅锌矿床;南倾伏端的雍对银锑矿点;主背斜外围还有麻阳、巴平、太平、东进等汞矿床及拉希、洞湖、下水、一碗水等汞、锑矿点。



说明: 1、钨-多金属矿床 2、锡-多金属矿床
3、银-多金属矿床 4、汞矿床(点) 5、锑矿床(点)
6、芒场背斜轴 7、黔桂铁路 8、芒场矿田中心范围

图1 芒场矿田矿床(点)分布示意图

Fig. 1 Schematic map showing distribution of ore deposits and occurrences

三、成矿远景区预测

(一) 网格的划分及变量的确定

芒场矿田地质矿产研究程度较高,所获各种资料亦较多,因此,选择1:5000为预测比例尺,以芒场矿田1:5000地质图为底图,考虑到计算机的容量,按 $0.2 \times 0.2 = 0.04 (\text{km}^2)$ 面积为单元,将预测区规则网格化为244个单元(图2)。选择如下变量:

(1) 化探元素变量
(Sn、Cu、Pb、Zn、Ag、As、W、Mo、B)

以其在各单元中含量超过背景值的两倍为+1,小于背景值则为-1,介于两者之间则为0。

(2) 地层变量(Dzn³、Dzn²、Dzn¹⁻⁴)

对成矿有利的变量以其在单元中出露的面积达到一定数值时赋予+1,未出露则赋予-1,介于两者之间为0。对成矿不利者则相反。上述“一定数据”是指某个变量在各单元中出露最大面积除以2作为划分标准。

(3) 构造变量(断层、断层交汇、褶皱叠加)

其赋值标准见表1。

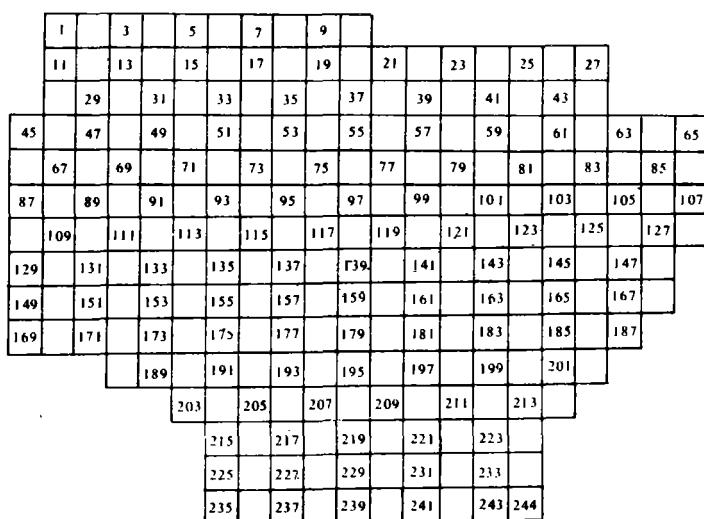


图2 芒场矿田成矿预测单元编号及其分布图

Fig. 2 Series number and distribution of the metallogenic prediction unit for Mangchang ore field.

表1 芒场矿田构造逻辑变量赋值标准

Table 1 Standard to give logical variables for Mangchang ore field

构造变量	褶皱	NNW 向褶皱	(0)	东翼	(0)
		NNE 向褶皱	(-1)	核部	(+1)
		NNE 向褶皱与NNW向褶皱叠加部位	(+1)	西翼	(-1)
	断层	NNW 向断层	(+1)	交汇部位	
		NNW 向断层	(0)		
		NNE 向断层	(-1)		
				不交汇部位	(-1)

(4) 围岩蚀变变量

以单元内出露硅化、绢云母化、绿泥石化等为+1, 未出露为-1, 不能确定的为0。

(5) 热变质变量

热变质逻辑变量取值以单元内热变质作用发育的强、中、弱, 分别取+1、0和-1。

(6) 磁场强度特征

矿体一般出现在正、负磁场交替部位, 磁场梯度变化大。故选择“正、负磁异常共存”、“有磁异常封闭圈”、“无磁异常封闭圈”作为逻辑变量, 分别取值为+1、0和-1。

(7) 隐伏岩体

按钻孔揭露或航磁异常解译, 认为有隐伏岩体所在单元为+1, 不能肯定为0, 否则为-1。

上述变量(共21个)经过三态逻辑转换之后, 即可用来表征模型单元的特征。

(二) 成矿模型的建立

1. 根据已知含矿单元及聚类分析结果建立原始成矿模型

为了确定模型区, 将有矿脉分布的单元作为有矿模型单元, 其分布如图2中95、112、133、138、140、153、154、160、173、175、178、155、134、195、47、157、31、116等号单元。对无矿模型区的选择因工作程度的限制, 深部是否存在矿体难以主观臆测。鉴此, 我们利用化探资料中 Sn、Cu、Pb、Zn、Ag、As、W、Mo、B 等元素含量, 对100个单元作 Q 型聚类分析(图3)。有充分理由认为, 要选择的无矿单元应落在不与有矿单元聚为一类的单元中。从图上可知, 有矿单元最后聚为一类(如31、95、116、133、138、153、179、195等), 与前类距离系数可达0.308以上, 相对矿化规模较小的有矿单元(如154、31)与前类单元的距离系数为0.2239。所以, 无矿模型单元可以在31号单元以前聚类的, 距离系数为0.21的单元中寻找, 在每一小类无矿单元中选取一、二个作为代表。结合野外地质资料, 最后选择了15个单元(94、95、

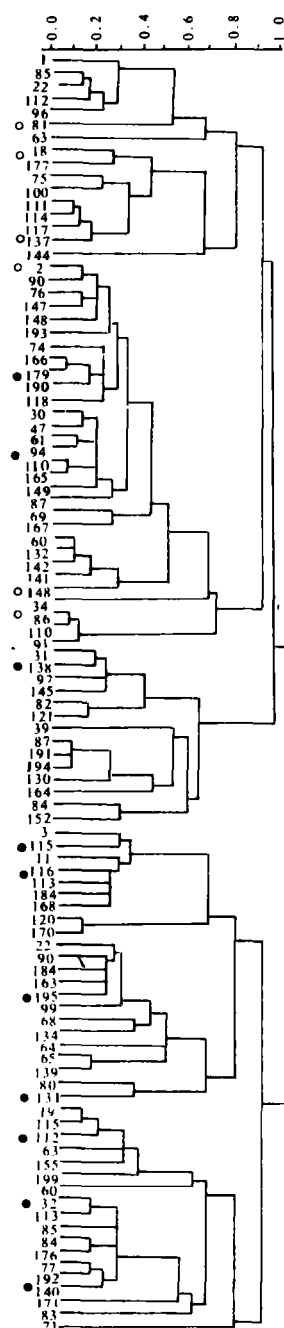


图3 单元 Q-型聚类谱系图

(●) 已知含矿单元; (○) 已知无矿单元

Fig. 3 Q-type grouping hierarchy diagram

112、133、138、140、153、154、160、173、174、175、178、179、195), 据此建立原始成矿模型。

表2 广义成矿模型单元的变量权系数及排列顺序

Table. 2 Arrangement of weight coefficients of variables for generalized metallogenic model

平方和法			乘积矩阵主分量法			匹配概率矩阵主分量法		
变量	排列顺序	权系数	变量	排列顺序	权系数	变量	排列顺序	权系数
X4	1	0.0698	X4	1	0.3426	X12	1	0.3280
X6	2	0.0698	X5	2	0.3426	X11	2	0.3019
X15	3	0.0646	X15	3	0.3165	X19	3	0.2677
X17	4	0.0620	X17	4	0.3036	X13	4	0.2624
X16	5	0.0602	X16	5	0.2971	X18	5	0.2520
X7	6	0.0564	X7	6	0.2771	X16	6	0.2482
X1	7	0.0555	X1	7	0.2586	X17	7	0.2271
X12	8	0.0546	X3	8	0.2440	X14	8	0.2254
X3	9	0.0522	X12	9	0.2234	X9	9	0.2241
X11	10	0.0507	X11	10	0.2154	X3	10	0.2205
X19	11	0.0492	X19	11	0.1937	X7	11	0.2189
X10	12	0.0475	X10	12	0.1708	X2	12	0.2156
X13	13	0.0425	X9	13	0.1666	X15	13	0.2142
X18	14	0.0418	X18	14	0.1650	X8	14	0.2034
X14	15	0.0408	X5	15	0.1441	X21	15	0.1973
X9	16	0.0371	X13	16	0.1214	X1	16	0.1896
X5	17	0.0353	X2	17	0.1031	X5	17	0.1801
X20	18	0.0343	X8	18	-0.0096	X20	18	0.1700
X2	19	0.0328	X20	19	-0.0396	X10	19	0.1280
X21	20	0.0323	X21	20	-0.0418	X4	20	0.0000
X8	21	0.0108	X14	21	-0.1187	X6	21	0.0000

2、建立广义成矿模型

上述原始成矿模型虽考虑了含矿脉的单元和聚类分析的结果,但并非最佳。应用于预测时,因缺乏代表性而受到很大限制。作为模型尚应包括与模型单元类似的单元。据 R·B·Mc-Cammon 意见,类似单元可含矿或不含矿。我们利用原始成矿模型的单元计算出的变量权系数,计算了229个单元的成矿有利度。计算公式为:

$$F_i = \sum_{j=1}^{21} a_j \cdot X_{ij} \quad (1)$$

式(1)中 F_i 为第 i 单元的成矿有利度, a_j 为第 j 个变量的权系数, X_{ij} 为第 i 单元中第 j 变量的逻辑值。

表3 广义成矿模型单元的成矿有利度

Table 3 Metallogenic favourable degree for the generalized model units

单元号	平方和法	乘积矩阵主分量	匹配概率矩阵主分量法
	成矿有利度	成矿有利度	成矿有利度
94	0.0011	-0.3698	-0.7431
95	0.7123	3.6785	2.5994
112	0.2861	1.4564	0.4312
133	0.2066	1.7863	-0.1922
138	0.2240	1.0618	0.0178
140	0.0194	0.3116	-0.9483
153	0.7291	2.6326	2.9475
154	0.5827	1.9713	2.3883
160	0.5885	2.7183	1.8363
173	0.5433	3.6191	1.5654
174	0.4674	2.7960	1.3663
175	0.0624	1.1932	-1.0678
178	0.1224	1.5127	-0.7756
179	0.1511	1.5602	-0.6024
155	0.7786	2.7878	3.3778
134	0.7929	2.9126	3.2118
68	0.8049	3.5379	3.3121
47	0.7289	3.2303	2.7795
116	0.7394	3.9416	2.7049
31	0.7530	3.3391	2.8021
157	0.6898	2.9241	2.5530
50	0.6905	3.1324	2.4972
96	0.7322	3.9643	2.6226
48	0.6766	3.0906	2.4704
74	0.6608	3.5897	2.3338
32	0.7089	3.3413	2.2532
171	0.4071	2.7490	0.6624
53	0.6424	2.8891	2.2557
2	0.0323	0.8403	-0.9795
194	0.5021	2.2765	1.7122
156	0.5704	2.5905	1.5697

各单元号详见图2

从上述所有单元的成矿有利度中挑选出等于和大于已知含矿单元中最小成矿有利度的单元(156号单元),共选出17个单元,加上15个已知含矿单元共32个,构成广义成矿模型单元。

用乘积矩阵平方和、乘积矩阵主分量及匹配概率矩阵主分量法对广义成矿模型进行特征分析,可得出广义成矿模型的变量权系数(表2),由这些变量权系数计算的广义成矿模型单元的成矿有利度如表3所示。

表4 特征分析各种方法预测的综合成矿单元
Table 4 Integrated metallogenic units predicted by characteristic analysis

	预测含矿单元													
单元级别	乘积矩阵平方和						乘积矩阵主分量法				匹配概率矩阵主分量			
一级含矿单元	13 68						68 74 95				68			
	131 155						95 146 151				155			
二级含矿单元							13 14 15 30 31 32							
							47 48 49 50 53							
							75 89 97 98 99				13 14 15 30 31 32			
	13 14 15 32 47 48						111 113 114 117				47 48 49 50 52 53			
	49 50 53 74 95						119 130 132 134				89 95 96 98 113 116			
	96 98 113 116 117						135 137 150 153				117 130 132 134			
	135 151 153 154						155 157 159 160				135 139 150 151 153			
	157 159 160 172						171 172 173 174				154 155 157 159			
	173 180 194 195						180 188 189 190				160 172 173 174 180			
	207 208 209						191 194 195 196				194 195 196 198			
							198 203 204 206				206 207 208 209 225			
							207 208 209 215							
							220 221 225 226							
三级含矿单元	30 52 76 78 171						4 52 56 58 67 77				33 34 77 51 52 57			
	89 97 99 111 114						88 90 100 108				59 60 110 111 112			
	118 119 174 130						109 110 112 118				114 118 119 137 138			
	132 137 139 181						120 121 133 138				171 181 182 188			
	188 189 190 191						139 149 154 175				189 190 191 197 199			
	196 197 198 199						177 178 179 181				200 203 204 210			
	203 204 206 215						192 193 197 199				215 220 226			
	220 225 226						210 212							

(三)成矿远景区的预测

(1)按最终成矿模型计算的各变量权系数,计算全区244个单元的成矿有利度。

(2)根据表3,对于乘积矩阵平方和法,按其模型单元中成矿有利度大小可划分四个等级即 >0.75 、 $0.75\sim 0.5$ 、 $0.5\sim 0.3$ 及 <0.3 ,分别对应四个级别的预测区。对于乘积矩阵主分量法和匹配概率矩阵主分量法划分的等级分别为 >3.5 、 $3.5\sim 2.0$ 、 $2.0\sim 1.0$ 、 <1.0 和 >3.3 、 $3.3\sim 1.0$ 、 $1.0\sim 0.0$ 、 <0.0 ,也可得到本矿田内四个级别的预测区,见特征分析法预测单元分布图1。

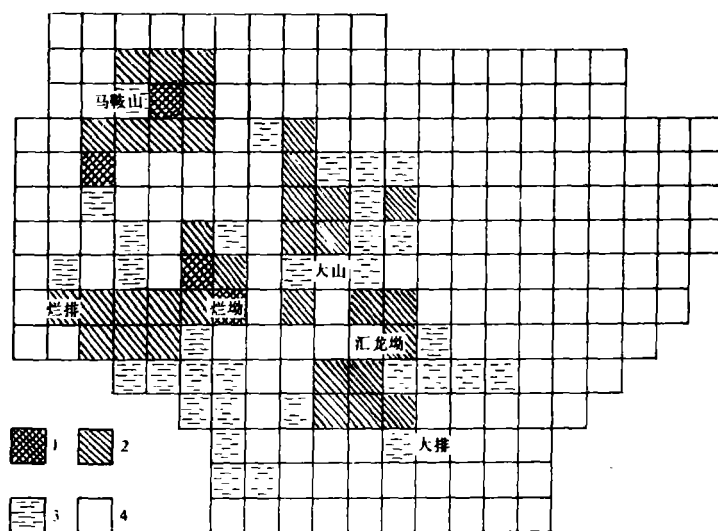


图1 芒场矿田特征分析法预测单元分布图

1、二级含矿单元;2、三级含矿单元;3、四级含矿单元;4、四级含矿单元
Fig. 1 Metallogenic units predicted by characteristic analysis

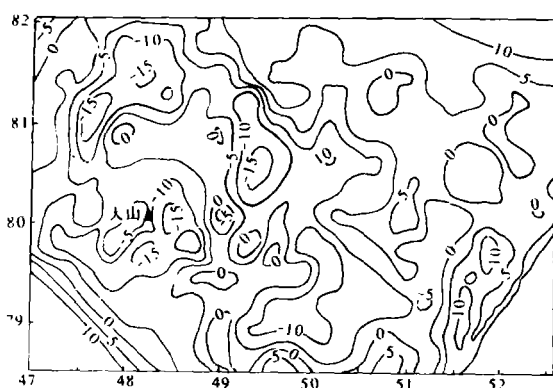


图5 用乘积矩阵平方和法计算的成矿有利度等值线图

Fig. 5 Contour of metallogenic favourable degree calculated by square sum of product matrix

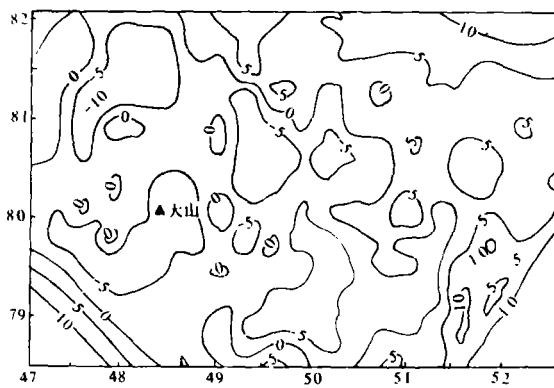


图6 用乘积矩阵主分量法计算的成矿有利度等值线图

Fig. 6 Contour of metallogenic favourable degree calculated by principal component of product matrix

(3)综合上述三种方法,最为有利的含矿单元是各种方法预测为一级含矿单元的单元,见表4。

(4)将全区所有单元的成矿有利度按下列公式进行数据转换:

$$F_i^1 = \frac{F_i^0 - F_{m-\min}}{F_{m-\max} - F_{m-\min}} \quad (2)$$

式(2)中 F_i^0 、 F_i^1 分别为第 i 单元转换前后的成矿有利度, $F_{m-\max}$ 、 $F_{m-\min}$ 分别为模型单元中最大、最小成矿有利度。

用转换后的成矿有利度作等值线图(图5、图6、图7)。

(5)成矿有利度等值线显示,马鞍山南东侧、南烂坳—虎头山、黄蜂窝、下五祥等地段均为封闭的异常区,为有利成矿区。

四、 几点说明

1、本次所采用的特征分析法在广西南丹芒场锡—多金属矿田隐伏矿床(体)预测的效果是比较满意的,对成矿预测区的圈定和找矿实践均起到一定的辅助作用。

2、特征分析的三种方法得出的异常基本上重叠;矿田内四个主要矿床(马鞍山、烂坳、大山

和汇龙坳矿床)也均处于异常中心,这说明了本次预测是比较成功的。

3、在上述所预测的成矿远景区中,马鞍山经详查已探明大脉型和网脉似层状银、铅、锌矿体,规模较大,且往北西背斜倾伏端及东西两侧次级背斜轴部预测可能有新矿体;南烂坳有大脉型铅、锌、银矿体和鞍状锡矿包,具有一定规模;虎头山的北西端有大脉型铅、锌、锑、银矿体和锡矿体;大山—汇龙坳除已详查矿体外,隐伏岩体突起高点有 W、Mo 矿体,南部黄蜂窝有网脉似层状锡、锌矿体。

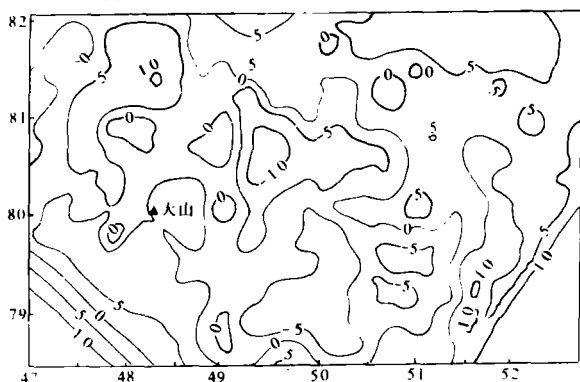


图7 用匹配概率矩阵主分量法计算的成矿有利度等值线图

Fig. 7 Contour of metallogenetic favourable degree calculated by principal component of matched probability matrix

本文是在笔者硕士研究生论文^①和笔者所完成的“七·五”科研报告^②中“数学地质预测”部分的基础上改编而成的。在工作中,曾得到中国地质大学池三川副教授、卫冰洁副教授和王思源老师的亲自指导和帮助,同时还得到广西第七地质大队童加松高级工程师等同志和中国地质大学矿床教研室部分同志的大力协助,在此一并感谢。

① 沈镛,1989,《广西南丹芒场锡—多金属矿田构造数学研究》,中国地质大学(北京)硕士论文。

参考文献

- [1] 朱章森等, 来利山锡矿盲矿统计预测, 地质科学, (2) 1987
[2] R·B·McCammon 等, 《资源预测决策模拟》, 四川科学出版社, 1981
[3] Davis, J·C. , Statistics and data analysis in geology; New York, John Wiley and Sons, 1975, P550.

THE APPLICATION OF CHARACTERISTIC ANALYSIS METHOD TO THE HIDDEN ORE DEPOSIT PREDICTION IN MANGCHANG TIN-POLYMETALLIC ORE FIELD, NANDAN DISTRICT, GUANGXI

Shen Lei

*(Commission for Integrated Survey of Natural Resources,
The Chinese Academy of Sciences State Planning Commission)*

Abstract

Author used the characteristic analysis method and made a quantitative prediction of the hidden ore deposits (bodies) in Mangchang tin-polymetallic Ore Field, Nandan District, Guangxi. And by selecting 21 variables (include the geological, geophysical and geochemical), ore-forming predictive model was set up. Then the author calculated ore forming favorable degree of all units in predictive area, and pointed out ore forming prospective areas in ore field, some of them were verified by exploration.