

矿床模拟法在辽宁清原金矿 资源预测中的应用

李俊建 沈保丰 骆 辉

(地质矿产部天津地质矿产研究所)

韩国刚

(辽宁省地质矿产局第十地质大队)

提 要 矿床模拟法是成矿地质环境模拟、类比方法,可据此估计在特定地质成矿环境中的某矿产资源潜力。本文探索利用矿床模拟法对辽宁清原太古宙地体中的金矿床进行综合预测。原始数据取自 1:5 万区域地质调查资料,共观测地层、构造、岩浆岩、接触带和化探资料等 9 个逻辑变量。预测结果显示了几个新的有利金矿靶区,有必要进行重点勘探工作。

关键词 矿床模拟法 成矿地质环境 金矿预测

一、预测方法

矿床模拟法是国际地科联地质对比计划第 98 项推荐的 6 种标准预测评价方法之一。此方法首先根据已知矿床的各种地质特征、成矿条件及成因特征,建立成矿模型。然后采用特征分析的方法研究预测区的地质特征与矿床模型的相似程度。可见矿床模拟法的实质是成矿地质条件的类比法。

特征分析又称决策模拟,它是从变量中提取各变量具有的综合特征。目前地质上较通用的特征分析方法和程序是 1981 年 6 月 R. B. McCammon 来我国讲学时介绍的。R. B. McCammon (1983) 对特征分析的某些计算方法作了改进,其中最重要的就是挑选模型单元问题。本文参照 R. B. McCammon (1983)、杨本锦等(1985),朱裕生、李裕伟等(1984、1985)的研究成果,具体作法如下:

1、根据已知有矿单元(简称含矿单元)建立模型。这种模型称为原始成矿模型。用乘积矩阵平方和法对模型进行特征分析,计算出模型单元各变量的权系数,进而计算出全部单元的成矿有利度。

2、建立广义成矿模型:原始成矿模型是完全依赖于已知矿床建立起来的。由于已知矿床常具有其本身独特的矿床特征,在此基础上建立的原始成矿模型在应用于预测单元时,因缺乏代表性会受到很大限制,使含矿模型单元和预测单元间达不到很好的匹配。作为模型还应该包括那些与已知含矿单元相类似的单元(R. B. McCammon, 1983),这样可避免独特的矿床特征所造成的某些限制,这种模型称为广义成矿模型。相类似单元的选择标准是那些具有与已

知含矿单元的成矿有利度相等或相近的单元。用乘积矩阵平方和法对广义成矿模型进行特征分析,计算出各变量的权系数,进而计算出全部单元的成矿有利度。

3、建立最终成矿模型:检查广义成矿模型中是否有低于已知含矿单元中最小成矿有利度者,如有则删除,删除后再建立的模型称为最终模型。

关于第3点,由于我们挑选的广义成矿模型单元中没有其有利度小于最小已知含矿单元有利度者,因此上述广义成矿模型即为最终成矿模型。

乘积矩阵平方和法特征分析和成矿有利度的计算过程如下:

(1)求乘积矩阵

$$R = Z \times Z'$$

R 为乘积矩阵 ($m \times m$); Z 为原始逻辑变量矩阵 ($n \times m$); Z' 为原始逻辑变量矩阵的转置矩阵 ($m \times n$); m 为变量数; n 为单元数

(2)求变量权系数

$$L(i) = \sqrt{\sum_{j=1}^m r_{ij}} \quad i = 1, 2, \dots, m$$

$$a(i) = \frac{L(i)}{\sum L(i)} \quad i = 1, 2, \dots, m$$

乘积矩阵 R 的每行视为一个向量, $L(i)$ 为每个行向量的长度; $\sum L(i)$ 为总向量长度; r_{ij} 表示乘积矩阵 R 中第 i 行 j 列的元素; $a(i)$ 为每个变量的权系数; m 为变量数

(3)求成矿有利度

$$F_i = \sum_{j=1}^m a_j Z_{ij} \quad (i = 1, 2, \dots, n)$$

F_i 为第 i 个单元的成矿有利度; a_j 为第 j 个变量的权系数, Z_{ij} 为原始逻辑变量矩阵 Z 中第 i 个单元第 j 个变量的逻辑值; n 为单元数; m 为变量数

二、地质背景

辽宁清原太古宙地体位于华北陆台北缘辽东台背斜铁岭——靖宇古隆起的东段,浑河断裂大致呈北东向切穿全区(图1)。据沈保丰等研究^①,太古宙地体由花岗岩—绿岩带和高级变质区两部分组成。高级区主要为麻粒岩—片麻岩—紫苏花岗岩,变质相从高角闪岩相—麻粒岩相,广泛分布在浑河断裂南部的英额门—新宾—南口前的广大地区,高级区形成时代为中太古宙(>2900Ma),构成本区绿岩带的基底。花岗岩—绿岩带主要分布在浑河断裂以北的金岗岭—大荒沟—红透山一带。绿岩由斜长角闪岩、黑云斜长变粒岩、云母片岩、浅粒岩和磁铁石英岩等组成,变质相从绿帘角闪岩相—低角闪岩相,以低角闪岩相为主,形成时代为晚太古宙(2500~2900Ma)。本区金矿有两种类型,即产在太古宙高级区(线金厂、下大堡等地)与中

^①沈保丰等,辽宁清原地区太古宙地质特征,1988

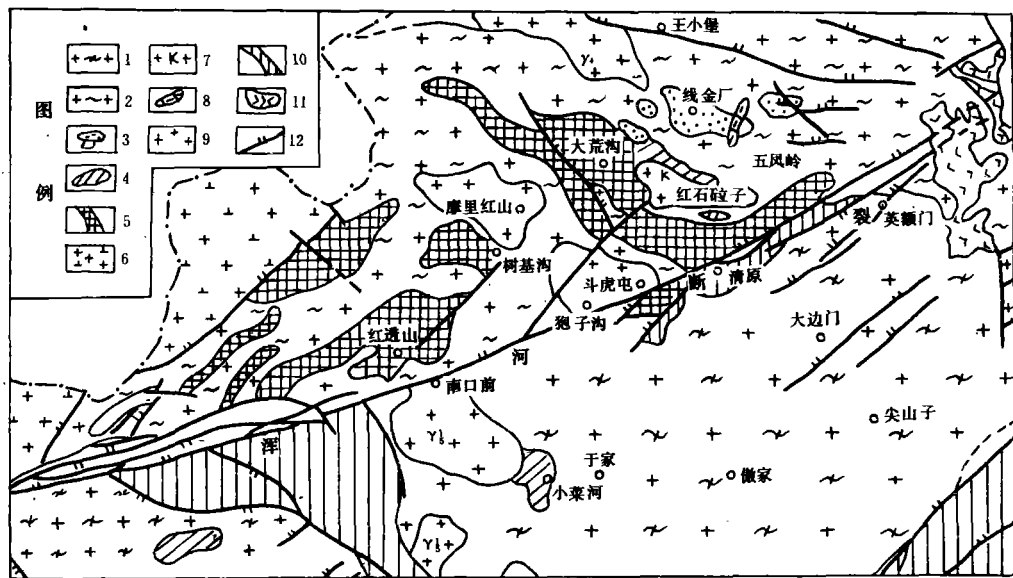


图1 清原地区太古宙地质图

Fig. 1 Archean geological map of Qingyuan region

图例说明: 高级区: 1、英云闪长质-花岗闪长质片麻岩; 2、英云闪长质片麻岩; 3、紫苏花岗岩-麻粒岩; 4、上壳岩。花岗岩-绿岩带: 5、绿岩带; 6、英云闪长岩; 7、奥长花岗岩-花岗岩; 8、辉长岩; 9、燕山-印支期花岗岩; 10、古生代地层; 11、上新玄武岩; 12、断裂

生代重熔花岗岩有关的剪切带中的脉型金矿床和产在太古宙花岗岩-绿岩带红透山组长英质火山沉积岩中受韧性剪切带控制的南龙王庙型金矿。

三、预测步骤

(一)数据准备

1、单元划分

根据矿床模拟法的基本思想,我们将 1: 5 万辽宁清原北三家-英额门地质矿产图划分为 676 个正方形单元。单元划分的原则是以地理坐标为基线,每个单元的规格为 $1 \times 1 \text{ km}^2$,从左到右,由上而下顺序编号(图 2)。

2、变量的确定与赋值原则

本次工作采用 1: 5 万地质矿产图,化探成果图,选取出露的地层、断层、构造位置,化探数据等 9 个变量来表征模型的特征。变量选取的原则是从同金矿的成因和相关关系出发的。9 个地质变量均转化为逻辑变量,这是多元结构的地质数据应用特征分析的前提条件,目前常用的是布尔转换,即用三态逻辑变量(+1, 0, -1)来表达不同性质的地质变量。在定义逻辑变量时,+1 和 -1 必须是逻辑上互相对立的概念。转换原则以对成矿是否有利为准。本文中变量转换的标准如下:

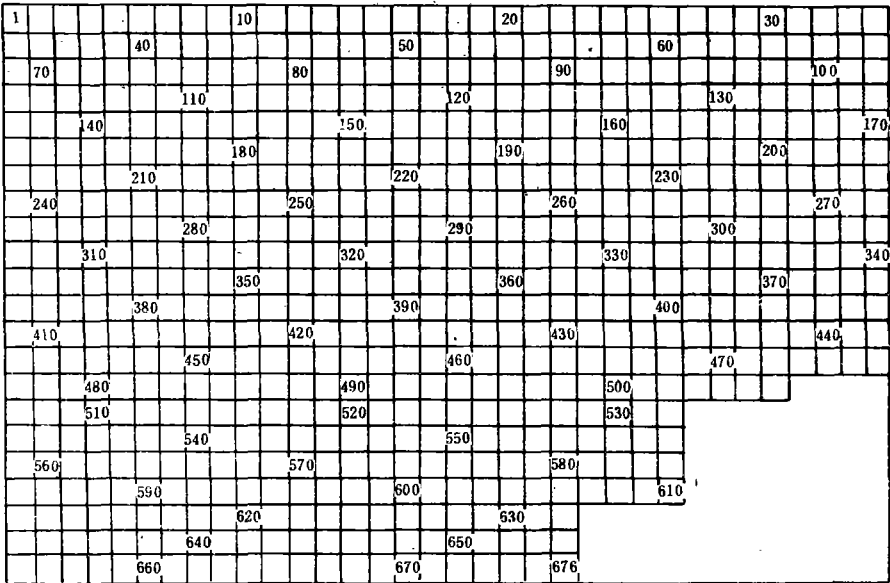


图 2 辽宁清原某地金矿资源预测单元分布图

Fig. 2 Cells distribution of the prediction of gold resources in Qingyuan district, Liaoning

(1)地层变量:共有 2 个。由于本区金矿均产在太古宙地体的高级区上壳岩井家沟组和绿岩带红透山组内,这类地层对成矿有利,因此视其在单元中出露的面积进行赋值。原则是:根据该地层在一个单元中出露的最大面积除以 2 作为划分标准。如 1 号变量绿岩带地层在一个单元内出露最大时充满整个单元,除以 2 为 1/2,则该变量凡出露面积大于单元面积 1/2 的为 1,无出露的为-1,出露面积介于 0~1/2 的为 0。

(2)化探变量:包括自然金重砂异常、方铅矿重砂异常、化探铜异常和化探铅异常。以单元内异常线长度占单元边长的 1/10 以上者为 1,异常线长度占单元边长的 1/10 以下者为 0,无异常为-1。

(3)断层和构造位置:选取了控制金矿脉产出的南北向和北东向断层、花岗岩与地层接触带。单元内断层线和接触带长度大于单元边长的 1/2 者为 1,断层线和接触带占单元边长的 1/2 以下者为 0,未出现者为-1。

(二)成矿模型的建立

1、根据已知含矿单元建立原始成矿模型

在所有 676 个单元中,有 7 个单元中出现上述两类金矿床(点),据此建立原始成矿模型。原始逻辑变量数据见表 1。乘积矩阵见表 2。

用特征分析乘积矩阵平方和法计算的模型单元各变量权系数如下:

- b1: 0.1414 b2: 0.1414 b3: 0.1123 b4: 0.1123
- b5: 0.0617 b6: 0.0859 b7: 0.1414 b8: 0.0913 b9: 0.1123

2、建立广义成矿模型

如前述,原始成矿模型由于只考虑已知金矿床(点)的单元,在应用于预测单元时因缺乏代

表性而受到很大限制。我们利用原始成矿模型的变量权系数计算出了 676 个单元的成矿有利度,从中挑选出等于和大于已知含矿单元中最小成矿有利度者(344 号单元)共 18 个单元作为广义成矿模型的模型单元,加上 7 个已知含矿单元共 25 个,由这 25 个单元构成的模型称之为广义成矿模型,也即为最终成矿模型。25 个构成广义成矿模型的单元由原始成矿模型计算出的成矿有利度见表 3,原始数据见表 1。

表 1 模型单元原始逻辑变量数据

Table 1 Primary ternary logical variable of model cells

单元 编号	绿岩带 红透山组	高级区 井家沟组	南北向 断层	北东向 断层	岩体与地层 接触带	自然金重 砂异常	方铅矿 重砂异常	化探 铜异常	化探 铅异常
14	-1	1	1	-1	-1	1	1	-1	0
18	-1	1	1	-1	-1	1	1	-1	-1
19	-1	1	-1	-1	1	1	1	-1	-1
48	-1	1	-1	-1	-1	1	1	-1	1
50	-1	1	1	1	-1	1	1	-1	-1
51	-1	1	0	0	-1	1	1	-1	-1
52	-1	1	0	-1	0	1	1	-1	-1
81	-1	1	-1	-1	-1	1	1	-1	1
82	-1	1	-1	1	-1	1	1	-1	1
83	-1	1	1	-1	-1	1	1	-1	1
85	-1	1	-1	-1	1	1	1	-1	0
114	-1	1	-1	-1	-1	1	1	-1	1
115	-1	1	-1	0	-1	1	1	-1	1
118	-1	1	1	-1	-1	1	1	-1	1
119	-1	1	1	1	1	1	1	-1	1
120	-1	1	-1	-1	1	1	1	-1	0
146	-1	1	-1	-1	1	1	1	-1	-1
147	-1	1	-1	-1	1	1	1	-1	0
148	-1	1	-1	-1	1	1	1	-1	0
150	-1	1	1	-1	1	1	1	1	1
151	-1	1	1	1	1	1	1	1	1
181	-1	1	1	-1	-1	1	1	1	1
182	-1	1	1	1	0	1	1	1	1
183	-1	1	1	-1	1	1	1	-1	0
184	-1	1	-1	-1	1	1	1	-1	-1
185	-1	1	-1	0	1	1	1	-1	-1
344	1	-1	-1	-1	1	1	-1	1	-1
379	1	-1	-1	-1	1	1	1	-1	-1
406	1	-1	-1	-1	1	1	1	-1	-1
425	1	-1	1	-1	-1	-1	1	1	-1
426	1	-1	-1	-1	1	1	1	1	-1
441	1	-1	-1	-1	1	1	-1	1	-1

表 2 原始成矿模型单元乘积矩阵

Table 2 Product matrix of primary mineralized model cells

8	-8	-6	-6	2	-4	-8	4	-6
-8	8	6	6	-2	4	8	-4	6
-6	6	8	4	0	2	6	-2	4
-6	6	4	8	0	2	6	-2	4
2	-2	0	0	6	0	-2	4	0
-4	4	2	2	0	8	4	0	2
-8	8	6	6	-2	4	8	-4	6
4	-4	-2	-2	4	0	-4	8	-2
-6	6	4	4	0	2	6	-2	8

表 3 用原始成矿模型计算的成矿有利度

Table 3 Degree of mineralization match is calculated by primary mineralization model

单元编号	成矿有利度	单元编号	成矿有利度
151*	0.7172	120	-0.0260
182*	0.6555	85	-0.0269
119*	0.5346	147	-0.0269
150	0.4926	148	-0.0269
181	0.3692	185	-0.0269
183	0.1977	18	-0.0380
50*	0.1866	48	-0.0380
82*	0.1866	51	-0.0380
83*	0.1866	81	-0.0380
118	0.1866	114	-0.0380
14	0.0743	52	-0.0864
115	0.0743	334*	-0.0866
426	0.0434		

注:表中注有*号的单元为已知含矿单元

用乘积矩阵平方和法对广义成矿模型进行特征分析。计算结果乘积矩阵见表 4, 各变量的权系数如下:

表4 广义成矿模型单元乘积矩阵

Table 4 Product matrix of generalized mineralization model cells

25	-25	-1	8	3	-23	-21	17	-9
-25	25	1	-8	-3	23	21	-17	9
-1	1	23	3	-4	-1	1	7	1
8	-8	3	22	2	-10	-12	8	0
3	-3	-4	2	23	-1	-3	5	-3
-23	23	-1	-10	-1	25	23	-15	7
-21	21	1	-12	-3	23	25	-13	5
17	-17	7	8	5	-15	-13	25	-1
-9	9	1	0	-3	7	5	-1	19

b1: 0.1478 b2: 0.1478 b3: 0.0706 b4: 0.0875 b5: 0.0708 b6: 0.1457
b7: 0.1398 b8: 0.1193 b9: 0.0705

用这些权系数计算的广义成矿模型中各个单元的成矿有利度见表5。

表5 用广义成矿模型计算的成矿有利度

Table 5 Degree of mineralized match is calculated by generalized mineralization model

单元编号	成矿有利度	单元编号	成矿有利度
151*	0.7043	85	0.0789
182*	0.6335	147	0.0789
150	0.5293	148	0.0789
119*	0.4657	14	0.0785
181	0.3877	120	0.0780
426	0.2469	51	0.0248
183	0.2201	52	0.0081
50*	0.1829	18	0.0079
82*	0.1829	48	0.0079
83*	0.1491	81	0.0079
118	0.1491	114	0.0079
185	0.0958	344*	-0.0448
115	0.0954		

注:表中注有*号的单元为已知含矿单元

(三)预测含矿单元

1、用最终成矿模型各变量的权系数,计算出本区 676 个单元的成矿有利度

2、据表 5, 7 个已知含矿单元中 344 号单元成矿有利度最低, 为 -0.0448 。以此为临界值, 从全区 676 个单元中选出有利度大于 -0.0448 的单元 7 个 (单元号为 19. 146. 184. 379. 406. 425. 441, 成矿有利度分别为 0.0083、0.0083、0.0083、0.0083、 -0.0080 、 -0.0327 、 -0.0327), 加上模型中非含矿单元共 25 个为可能含矿的单元。

3、将全区所有单元的成矿有利度按下列公式:

$$X_i' = \frac{X_i - (-0.0448)}{X_{\text{极大}} - (-0.0448)}$$

进行数据转换, 用转换后的成矿有利度作成等值线图 (图 3)。图 3 中 0 值线圈定的范围即为成矿有利靶区, 有必要作进一步的详细勘探工作。

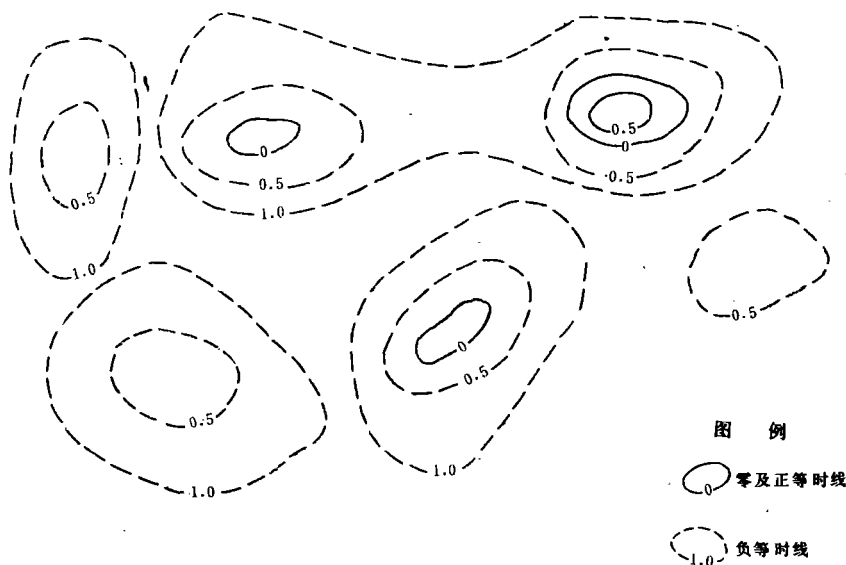


图 3 辽宁清原某地金矿成矿有利度等值线图

Fig. 3 Isogram of degree of gold mineralization match in Qingyuan district, Liaoning

研究工作得到了中国地质科学院李裕伟, 朱裕生, 余金生付研究员和四川省地矿局四 0 三队杨本锦高级工程师的热情指导和帮助, 电算工作由蒋明媚付研究员、胡正德同志帮助完成, 在此深表衷心感谢。

结 语

矿床模拟法是一种比较精确的矿产资源评价预测方法, 它几乎完全模仿地质人员传统评价预测矿产资源的基本过程, 即根据已知区矿床的成矿地质环境、特征及成因过程建立矿床模

型,进而对未知区进行矿产预测评价,因而易于为一般地质人员所理解和接受。近1~2年,辽宁地质十队对本区金矿进行勘查,证实在清原浑北地区预测区内,确实发现了一些新的金矿脉,目前勘探工作仍在进行之中。

参 考 文 献

- [1] 沈保丰、骆辉、李俊建、彭晓亮、华北陆台太古宙花岗岩—绿岩地体中金矿床类型和演化,《国际金矿地质与勘探学术会议论文集》,东北工学院出版社,1989
- [2] 沈保丰,早前寒武纪花岗岩—绿岩地体中金的成矿作用,地质找矿论丛,3(2),1988
- [3] 骆辉、沈保丰、李俊建、陈勇华,吉林桦甸夹皮沟金矿的成矿作用,《国际金矿地质与勘探学术会议论文集》,东北工学院出版社,1989
- [4] 杨本锦等,《矿产资源评价决策模型》,四川科学技术出版社,1985
- [5] 朱裕生,《矿产资源评价方法学导论》,地质出版社,1984
- [6] 余金生、李裕伟,《地质因子分析》,地质出版社,1985
- [7] 赵鹏大、胡旺亮、李紫金,《矿床统计预测》,地质出版社,1981
- [8] 朱裕生等,矿床模拟几种作法的比较及实例,矿床地质,4(2),1985
- [9] 王守伦等,抚顺清原地区鞍山群块状硫化物矿床的区域地质特征,地质找矿论丛,1(1)1986
- [10] McCammon, R. B., Botbol, J. M., Sinding—Larsen, R., and Bowen, R. W., Characteristic analysis—1981; Final program and a possible discovery, Math. Geology, 15 (1) 1983, 59—83
- [11] Hansen, M. V., Botbol, J. M., Eckstrand, O. R., Gaal, G., Maignan, M., Pantazis, Th., and Sinding—Larsen, R., Workshop on deposit modeling, Math. Geology, 10 (5) 1978, 519—531
- [12] Miller, J. W. Jr., Probabilistic models for ore body recognition, Math. Geology, 21 (5) 1989, 559—578

APPLICATION OF DEPOSIT MODELING METHOD IN PREDICTION OF GOLD RESOURCES IN QINGYUAN DISTRICT, LIAONING

Li Junjing, Shen Baofeng, Luo Hui

(Tianjin Institute of Geology and Mineral Resources)

Han Guogang

(The NO 10 Geological Party, Bureau of Geology and Mineral Resources)

Abstract

The deposit modeling method is a method of metallogenic environment modeling and analogy. The assessment of mineral resource potential using the deposit modeling method is made by predicting the existence of generalized deposit models in recognized favorable geological environment within an area of interest. In this paper, we try to use deposit modeling method to predict gold resources in Qingyuan district, Liaoning. The data are completely based on the regional geological survey in the scale of 1: 50000. As the original data for calculation 9 variables are selected from the stratigraphy, structure, magmatic rocks and their contact zones, and pedogeochemical prospecting. The results of prediction point out several new target areas where gold deposits have not been found and it is necessary to emphasize exploration for gold deposit in these areas.