

基于灰色关联分析预测法的 腾冲硅藻土矿床资源评价

吕 鹏¹, 陈建平¹, 蔡如华², 曾 敏¹, 朱鹏飞¹, 刘小霞¹

(1. 中国地质大学(北京)国土资源与高新技术研究中心, 北京市国土资源信息开发
研究重点实验室, 北京 100083; 2. 云南地质工程第二勘察院, 云南 楚雄 6750007)

摘 要: 在矿产资源评价中, 可以利用灰色理论的特点, 来对目前只有少量信息的预测区进行评价和排序, 确定预测靶区, 指导找矿工作。应用该方法对云南西部腾冲地区的界头、团田、蛮朵、瑞滇、左所营 5 个工作区硅藻土资源进行排序, 确定了腾冲硅藻土矿床开发下一步的工作方向, 明确了矿床灰色关联分析预测法在矿产资源评价中有着重要的应用价值和独特的应用效果。

关键词: 硅藻土; 灰色系统理论; 关联分析; 矿产资源评价

中图分类号: P612; P619. 256 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-1412(2007)01-0056-06

0 引言

矿产资源预测与定量评价是涉及多层次、多因素的综合决策问题, 随着计算机技术和信息处理技术的发展, 近来矿产资源定量评价向综合化、模式化、量化、可视化、动态化、系统化转移。在一些情况下, 对某一地区的矿产资源评价的过程中, 由于资料齐备情况不同, 使用的评价方法也各不相同。以多元统计为基础的矿床统计预测方法是当前发展最为成熟的一种评价方法, 但它要求有足够的样本容量, 要事前分析各种数据的统计分布特征, 对地质变量要进行综合研究(变量的选取、取值、变换、构置等)以剔除噪音、增强有用信息。分形理论作为非线性科学与地质学的结合很有可能导致地质学的一场革命, 但是当前在矿产评价预测中使用分形理论的实例还非常少见, 应用时, 首先要研究各种地质因素、地质现象是否具有自相似性, 即矿床自相似性体系, 其次要合理而正确地将矿床的分形模型转化为预测模型。其他多元统计分析、人工神经网络方法等等都需要特定的应用条件。

在矿产资源评价的初期, 对于一个只有少量信息的预测区域, 如果使用一种简单便捷但又有一定精度的资源评价方法, 就可以在较短的时间内弄清该地区的资源潜力, 为下一步的工作指明方向。自然界中的系统大多数为灰色系统, 在工程技术、社会、经济、农业、生态、环境、军事等各种系统中经常会遇到信息不完全的情况, 灰色系统理论就是利用系统中信息完全确知的白色信息来解决其中信息不完全或信息完全不确知的部分^[1]。在矿产资源评价中, 可以利用灰色理论的特点, 来对目前只有少量信息的预测区进行评价和排序, 确定预测靶区, 指导找矿工作。把已知的这部分信息作为白色信息, 把未知或者不明确的部分作为灰色信息, 这样就将灰色系统理论及其方法引入到矿产资源定量评价预测中来^[2-5]。目前在矿床预测中使用较多的是灰色理论中的灰色关联分析预测法, 本文使用该方法对云南西部腾冲地区界头、团田、蛮朵、瑞滇、左所营 5 个工作区的硅藻土资源进行排序, 确定了腾冲硅藻土矿床下一步的工作方向, 同时明确了矿床灰色关联分析预测法在矿产资源评价中有着重要的应用价值和独特的应用效果。

收稿日期: 2005-10-31; 改回日期: 2006-11-26

基金项目: 中国地质调查局项目(编号 200110200010)和教育部重点科技研究项目(104037)共同资助。

作者简介: 吕鹏(1979-), 男, 湖北黄冈人, 硕士, 2005年毕业于中国地质大学(北京), 在读博士研究生, 主要从事“3S”技术在矿产资源定量预测与评价中的应用等研究工作。

1 成矿地质背景

云南腾冲地区与缅甸毗邻, 处于印度板块与欧亚板块碰撞带东侧, 欧亚板块仰冲张拉部位。区内以发育的断裂构造、年轻的火山活动、强烈的地热显示和丰富的矿产资源为特征。断裂构造形成了一系列新生代断陷湖盆, 而沿断裂构造多期次的火山活动喷发带出的大量 SiO_2 则为硅藻的繁衍提供了充足的养料, 加之该区地处温湿多雨的中纬度地带, 因而新生代盆地中河湖相硅藻土的繁衍与沉积成矿是区域地质条件演化之必然^[6-8]。

中新世时, 地壳运动频繁, 而湖盆形成初期, 水流强度大, 仅在低凹处堆积一套粗碎屑物的南林组, 而水体环境不利于硅藻的生存。因此, 在南林组地层中未发现硅藻土矿层。上新世时, 地壳运动主要表现为不同地区缓慢的差异升降运动, 湖盆逐渐扩大(沉积物的超覆现象), 沉积了一套微细层理发育的细碎屑物及早期火山喷发物(N_2m^2)的芒棒组(细碎屑物指芒棒组下段上部和上段, 也是硅藻土矿层赋存段), 说明当时湖盆是有一定深度的宁静水体和稳定的外界环境, 并有充足的 SiO_2 来源, 为硅藻的生长、发育、繁殖及遗骸的堆积和掩埋成矿提供了良好地质环境, 而第二期火山喷发岩又迅速覆盖在芒棒组及其他地层之上, 为硅藻土矿层起到了良好的保护作用。因此, 芒棒组是腾冲地区形成硅藻土矿床的主要层位之一。一般矿床规模较大, 储量丰富。

由于地壳的差异升降运动, 上新世晚期(芒棒组上段)仅在龙川江流域的盆地内有沉积(如勐连、芒棒、团田盆地), 其余地区均未接受沉积, 说明当时西部地区上升幅度及剥蚀程度均较东部地区强烈。

第四纪时, 腾冲地区地壳持续上升, 遭受剥蚀、河流下切, 部分芒棒组及硅藻土矿层亦受剥蚀。中部地区(瑞滇—腾冲及大盈江一带)相对下降, 堆积了湖相、河流相沉积物, 同时开始大规模的火山喷发活动。从下更新世至全新世, 火山喷发 3 期 8 个亚期。火山岩覆盖了腾冲以南和以北的大部分地区, 又形成一系列火山堰塞盆地(如腾冲盆地、双海盆地、瑞滇盆地)和火山岩形成的山间凹地(如杏塘、花坡等)。每期火山喷发之后, 都有几万年至几十万年的相对稳定时期, 为硅藻的生存提供了良好的水体和充足的养分来源, 同时沉积了河、湖相碎屑物。经钻探证实, 在腾冲盆地、双海盆地、瑞滇盆地的下更

新统、中更新统、上更新统及全新统都赋存硅藻土矿层, 厚几米至十几米, 最厚达 70 余 m(腾冲盆地倪家堡矿段中更新统的硅藻土矿层)。成岩程度低, 矿石品质好。第四纪是腾冲地区硅藻土矿床最主要的成矿时代^[9-11]。

2 灰色关联分析方法原理与流程

灰色关联分析, 从其思想方法上来看, 属于几何处理的范畴, 其实质是对反映各因素变化特性的数据序列所进行的几何比较。用于度量因素之间关联程度的关联度, 就是通过对因素之间的关联曲线的比较而得到的。在矿床预测过程中, 控矿地质因素和找矿标志信息与矿床形成和分布的密切程度, 对于矿床的评价、矿床的规模、矿石品位等就比较重要。因此, 在矿床的预测和评价中, 可以用它们与已知矿床相应信息关联度的大小来定量评价。通常将已知矿床相应信息比较理想的情况组成参考值, 将其他预测地区的信息与之比较, 相关程度越高, 则该区对成矿越有利^[4]。

矿床灰色关联分析预测方法流程包括决策矩阵的确定、核对决策矩阵的处理及分析两部分, 各部分的方法流程如图 1。

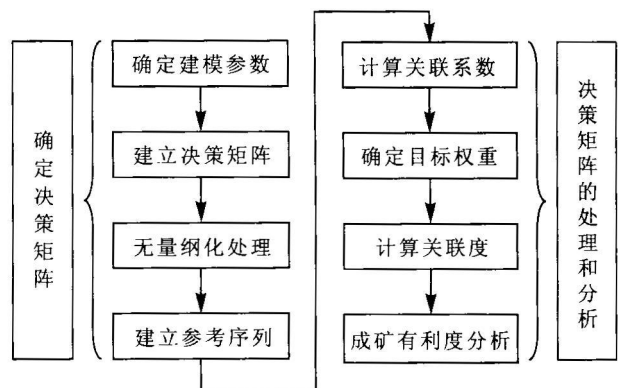


图 1 矿床灰色关联分析预测方法流程

Fig 1 Flow chart of grey associative analysis prediction of ore deposit

2.1 确定建模参数

对于成矿预测, 可以根据找矿标志, 选择与成矿有关的地质变量, 例如岩性、线形构造(条数、长度、密度)、蚀变、元素异常值等, 或者对于矿床优选评价, 可以选择与矿床评价有关的地质变量(如储量、

矿床体积、品位、有益元素含量、相关物理性质等)。

2.2 建立决策矩阵

将预测区域进行单元划分, 然后根据选择的参数组成决策矩阵。单元划分根据需要进行, 不同面积的单元划分得到的预测结果精度也不同。

设有 n 个预测单元, m 个建模参数, 则决策矩阵为:

$$X = (x_{ij})_{n \times m} \tag{1}$$

其中, $x_{ij} (i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, m)$ 为第 n 个预测单元的第 m 个参数的值(表 1)。

表 1 决策矩阵的建立

Tab 1 Establishment of policy-making matrix

序列	岩性	线形构造 的条数	蚀变	元素 异常值	……	参数 m
单元 1	x_{11}	x_{12}	x_{13}	x_{14}		x_{1m}
单元 2	x_{21}	x_{22}	x_{23}	x_{24}		x_{2m}
单元 3	x_{31}	x_{32}	x_{33}	x_{34}		x_{3m}
单元 4	x_{41}	x_{42}	x_{43}	x_{44}		x_{4m}
单元 5	x_{51}	x_{52}	x_{53}	x_{54}		x_{5m}
……						
单元 n	x_{n1}	x_{n2}	x_{n3}	x_{n4}		x_{nm}

2.3 无量纲化处理

系统中使用的不同参数有着不同的量纲和数量级, 要对它们进行比较, 就必须进行无量纲化处理。

(1) 对于效益型指标, 即越大越好的指标:

$$y_{ij} = \frac{x_{ij} - x_j^{\min}}{x_j^{\max} - x_j^{\min}} \tag{2}$$

式中, $x_j^{\max} = \max \{ x_{1j}, x_{2j}, \dots, x_{nj} \}, x_j^{\min} = \min \{ x_{1j}, x_{2j}, \dots, x_{nj} \}$ 。

(2) 对于成本型指标, 即越小越好的指标:

$$y_{ij} = \frac{x_j^{\max} - x_{ij}}{x_j^{\max} - x_j^{\min}} \tag{3}$$

式中, $x_j^{\max} = \max \{ x_{1j}, x_{2j}, \dots, x_{nj} \}, x_j^{\min} = \min \{ x_{1j}, x_{2j}, \dots, x_{nj} \}$ 。

这样把规范化后的决策矩阵记为:

$$Y = (y_{ij})_{n \times m} \tag{4}$$

2.4 建立参考序列

参考序列也称为母序列, 可以使用各种变量中的最优值组成, 也可以使用该地区已知矿床的变量组合, 对于矿床预测评价, 通常使用最优值组合作为参考序列。

设参考序列为 $G = (g_1, g_2, \dots, g_m)^T$, 式中 $g_j =$

$\max_{1 \leq i \leq n} y_{ij}, j = 1, 2, \dots, m$, 由于原决策矩阵 $X = (x_{ij})_{n \times m}$ 经过(2)(3)规范化处理后得到的决策矩阵 $Y = (y_{ij})_{n \times m}$ 中恒有 $\max_{1 \leq i \leq n} y_{ij} = 1$, 即 $g_j = 1$, 因此参考矩阵可简化为:

$$G = (1, 1, \dots, 1)^T \tag{5}$$

2.5 计算关联系数

第 i 个预测单元的第 j 个参数与参考序列的第 i 个参数的灰色关联系数为 ξ_{ij} :

$$\xi_{ij} = \frac{\min_i \min_j |y_{ij} - g_j| + \rho \cdot \min_i \min_j |y_{ij} - g_j|}{|y_{ij} - g_j| + \rho \cdot \max_i \max_j |y_{ij} - g_j|} \tag{6}$$

式中, ρ 为分辨系数, 且 $\rho \in [0, 1]$, 一般取 $\rho = 0.5$ 。

由于 $\min_i \min_j |y_{ij} - g_j| = 0$, 且 $\max_i \max_j |y_{ij} - g_j| = 1, y_{ij} \in [0, 1], g_j = 1$, 所以(6)式可以简化为:

$$\xi_{ij} = \frac{\rho}{(1 - y_{ij} + \rho)} \tag{7}$$

这就是预测单元与参考序列的灰色关联系数。

2.6 确定目标权重

目标权重就是建模参数对整个预测的影响程度的度量, 通常可以根据经验确定每个参数的权重, 则各参数的权向量为:

$$W = (w_1, w_2, \dots, w_m) \tag{8}$$

w_j 为各参数权重。

根据在目标权重未知的情况下通过非线性求解计算权向量的方法^[12], 得到:

$$w_j = \left\{ \left[\sum_{i=1}^m \left[\sum_{j=1}^n (y_{ij}^2 + \xi_{ij}^2) \right]^{-1} \right] \cdot \left\{ \sum_{i=1}^n (y_{ij}^2 + \xi_{ij}^2)^{-1} \right\} \right\} \tag{9}$$

记权向量为: $W = (w_1, w_2, \dots, w_m)$

2.7 关联度计算

在已知目标权重的情况下, 第 i 个预测单元与参考序列的关联度为:

$$r_i = \sum_{j=1}^m w_j \cdot \xi_{ij}, (i = 1, 2, \dots, n) \tag{10}$$

当目标权重未知, 通过计算得到目标权向量 W 后, 代入目标函数式:

$$f_i(W) = \left\{ \sum_{j=1}^m [(w_j \cdot y_{ij}) + (w_j \cdot \xi_{ij})] \right\} \tag{11}$$

就得到该预测单元的关联度。

2.8 成矿有利度分析

通过计算获得预测单元与参考单元的关联度, 我们可以判断预测单元的成矿有利度, 并对 n 个预测单元进行排序, 最终确定成矿靶区, 而在矿床评价中, 最终获得靶区的优选排序。

3 矿床灰色关联分析预测法在腾冲硅藻土资源评价中的应用

根据本次研究获得的资料, 结合矿区评价的需要, 选择如下 9 个建模参数(表 2): ①矿区面积/储量; ② $w(\text{SiO}_2)$; ③ $w(\text{Al}_2\text{O}_3)$; ④ $w(\text{Fe}_2\text{O}_3)$; ⑤矿石比重; ⑥比表面积; ⑦粗粒硅藻含量; ⑧表内品级; ⑨表外品级。

以 5 个矿区为评价单元, 9 个参数为建模参数, 建立决策矩阵列表。最终的决策矩阵为:

$$X=\begin{bmatrix}7.06 & 62.195 & 16.585 & 6.45 & 2.43 & 21 & 76.7 & 86.35 & 13.65 \\ 30.48 & 67.304 & 17.323 & 4.566 & 2.25 & 20 & 75 & 60.085 & 36.915 \\ 20.22 & 66.67 & 17.03 & 2.66 & 2.25 & 26.3 & 77.56 & 87.5 & 12.5 \\ 4.0 & 63 & 16 & 6 & 2.33 & 15.3 & 67.5 & 58.37 & 41.63 \\ 70.74 & 66.5 & 12 & 5 & 2.24 & 9.1 & 75.14 & 76.52 & 23.48\end{bmatrix}$$

对 X 进行无量纲化处理, 参数 1, 3, 4, 9 为成本型参数, 其余为效益型参数。得到规范化后的矩阵 Y :

$$Y=\begin{bmatrix}0.967 & 0.000 & 0.139 & 0.000 & 1.000 & 0.692 & 0.915 & 0.961 & 0.967 \\ 0.611 & 1.000 & 0.000 & 0.487 & 0.053 & 0.634 & 0.746 & 0.162 & 0.162 \\ 0.767 & 0.876 & 0.055 & 1.000 & 0.053 & 1.000 & 1.000 & 1.000 & 1.000 \\ 1.000 & 0.158 & 0.249 & 0.119 & 0.474 & 0.360 & 0.000 & 0.000 & 0.000 \\ 0.000 & 0.843 & 1.000 & 0.383 & 0.000 & 0.000 & 0.759 & 0.623 & 0.623\end{bmatrix}$$

表 2 腾冲硅藻土资源评价的决策矩阵													
Tab 2 Policy-making matrix of diatomite resources evalution in Tengchong area, Yunnan province													
参数	矿区	赋矿 地层	面积/ 储量 (10^{-8})	矿层面积 (km^2)	硅藻土平均化学组分 ($w_B/\%$)			硅藻土物理性质			储量 (t)	矿石工业品级 (%)	
					SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	ρ (g/ml)	比表面积 (m^2/g)	粗粒硅藻 含量(%)		表内	表外
1	界头	N ₂ m ¹	7.06	1.3125	62.195	16.585	6.45	2.43	21	76.7	18585000	86.35	13.65
2	团田	N ₂ m ₃ ²	30.48	0.6098	67.304	17.323	4.566	2.25	20	75	1751061.4	63.085	36.915
3	蛮朵	N ₂ m ³	20.22	0.117	66.67	17.03	2.66	2.25	26.3	77.56	526500	87.5	12.5
4	瑞滇	Q ₂ ^{2+ ad}	4.90	7.588	63	16	6	2.33	15.3	67.5	154785000	58.37	41.63
5	左所营	Q ₃₋₄ ^{ad+ l}	70.74	0.047	66.5	12	5	2.24	9.1	75.14	60700.5	76.52	23.48

经过(2), (3) 规范化处理后得到的决策矩阵 $Y = (y_{ij})_{n \times m}$ 中恒有 $\max_{ij} y_{ji} = 1$, 因此参考矩阵为:

$$G = (1, 1, \dots, 1)^T$$

根据(7) 式就算得到关联系数矩阵为:

$$E=\begin{bmatrix}0.938 & 0.333 & 0.367 & 0.333 & 1.000 & 0.619 & 0.854 & 0.927 & 0.927 \\ 0.563 & 1.000 & 0.333 & 0.499 & 0.345 & 0.577 & 0.663 & 0.374 & 0.374 \\ 0.682 & 0.801 & 0.346 & 1.000 & 0.345 & 1.000 & 1.000 & 1.000 & 1.000 \\ 1.000 & 0.372 & 0.400 & 0.362 & 0.487 & 0.439 & 0.333 & 0.333 & 0.333 \\ 0.333 & 0.761 & 1.000 & 0.447 & 0.333 & 0.333 & 0.675 & 0.570 & 0.570\end{bmatrix}$$

根据(9) 式计算得到目标权重数列为:

$$W = (0.073 \quad 0.169 \quad 0.101 \quad 0.125 \quad 0.165 \\ 0.089 \quad 0.071 \quad 0.103 \quad 0.103)$$

根据(11) 式计算各矿区与参考数列的关联度为:

$f(w) = \{1.251 \quad 0.967 \quad 1.479 \quad 0.684 \quad 1.034\}$

由以上结果可知, 腾冲 5 个硅藻土矿区的结果排序为: 3, 1, 5, 2, 4, 即蛮朵、界头、左所营、团田、瑞滇。对于得到的结果分析如下:

(1) 从评价结果来看, 矿区的矿石储量对于结果

来说并不是最重要的影响因素, 位于腾冲南部的蛮朵矿区的矿床规模仅为小型, 但是综合矿石的质量数据得到的结果与参考数列的关联度最高, 因此, 这一方面说明灰色关联分析方法是对综合因素的考虑结果, 是各项指标的最优组合, 另一方面说明蛮朵矿区的潜在经济价值很高, 它的资源潜力最大。

(2) 根据获得的资料情况, 本次研究中使用的建模参数可以归结为两个主要考虑因素, 即矿区内矿石储量和矿石品质, 而对矿区的其他地质变量考虑较少, 因此, 如何结合其他地质因素进行矿区评价, 是下一步工作的目标。

(3) 在获得充分资料数据的情况下, 可以使用灰色关联分析进行该地区未知区域的矿产资源预测, 其方法是首先划分预测单元, 然后使用灰色关联分析方法确定每个单元与参考序列的关联度, 根据计算结果做出等值线图, 确定高值区域, 得到预测区。

4 研究区资源潜力预测及评价

根据关联度的计算结果, 可以对该地区的硅藻土资源进行靶区分级, 共分 3 级, > 1.2 为 I 级靶区, $0.9 \sim 1.2$ 为 II 级靶区, < 0.9 为 III 级靶区。位于该区南部和东部的蛮朵、界头、左所营、团田 4 个工作区为 I 级或 II 级靶区, 西北部的瑞滇工作区为 III 级靶区。从靶区的分布情况来看, 主要集中在侏罗-白垩纪二长花岗岩周围, 主要赋存于上第三系中新统芒棒组上段, 以及第四系更新统、全新统细碎屑堆积盆地中。因此, 侏罗-白垩纪二长花岗岩周围的第三系和第四系是重要的赋矿层位, 这个结果与前面总结的该地区地质找矿标志相吻合。通过灰色关联分析得到的结果, 与传统地质理论得出的结论相一致, 说明灰色关联分析方法在矿床评价和预测中可以发挥重要的作用。

硅藻土按照不同的用途及工业处理标准得到的产品价格有所不同, 硅藻土填料当前的市场价格约为 2 800 元/吨, 而精制硅藻土催化剂载体的市场价格可以达到 6 000 元/吨, 以平均价格 4 500 元/吨计算, 研究区内 1.757 亿吨硅藻土的经济价值总潜力可以达到 7 904 亿元。

5 结论

(1) 灰色关联分析方法是对综合因素的考虑结果, 它是各项指标的最优组合, 位于腾冲南部的蛮朵矿区的矿床规模仅为小型, 但是综合矿石的质量数据得到的结果与参考数列的关联度最高, 这说明蛮朵矿区的潜在经济价值很高, 它的资源潜力最大, 有必要结合其他地质因素进行矿区评价。

(2) 在获得充分资料数据的情况下, 可以使用灰

色关联分析进行该地区未知区域的矿产资源预测, 其方法是首先划分预测单元, 然后使用灰色关联分析方法确定每个单元与参考序列的关联度, 根据计算结果做出等值线图, 确定高值区域, 得到预测区。

(3) 根据关联度的计算结果, 可以对该地区的硅藻土资源进行靶区分级, 共分 3 级, > 1.2 为 I 级靶区, $0.9 \sim 1.2$ 为 II 级靶区, < 0.9 为 III 级靶区。蛮朵、界头、左所营、团田 4 个工作区可以归为 I 级或 II 级靶区, 而瑞滇工作区为 III 级靶区。

参考文献:

- [1] 邓聚龙. 灰色系统基本方法[M]. 武汉: 华中理工大学出版社, 1988.
- [2] 麻志勇, 成荣树. 用灰色系统对赣西金矿床成矿地质异常进行评价和预测[J]. 有色金属矿产与勘查, 1994, 3(5): 312-316.
- [3] 田家华, 杨昌明. 灰色聚类评估模型及其在矿山综合经济效益评估中的应用[J]. 地质科技动态, 1996, (3): 1-6.
- [4] 徐凌, 王志辉, 温春齐. 灰色系统理论在矿床经济评价中的应用[J]. 地质找矿论丛, 2003, 18(4): 257-261.
- [5] 陈寿如, 祝方才. 运用灰色系统理论评价岩石质量[J]. 云南冶金, 1997, 26(2): 12-21.
- [6] 陶维屏, 高锡芬, 孙祁, 等. 中国非金属矿床成矿系列矿床含矿建造成矿系列形成模式[M]. 北京: 地质出版社, 1994. 138-173.
- [7] 木士春. 中国硅藻土地质特征及成矿大地构造条件[J]. 大地构造与成矿, 1997, 21(3): 228-232.
- [8] 木士春, 汪灵, 胡宝清. 我国地洼型造山-造盆作用与硅藻土成矿[J]. 大地构造与成矿学, 2001, (3): 313-320.
- [9] 孙逊, 张祖厚. 云南省腾冲县硅藻土、泥炭普查报告[R]. 楚雄: 云南地质工程第二勘察院, 1987.
- [10] 蔡如华, 陆凤岐. 云南省腾冲县蛮帕、杏塘、花坡硅藻土矿区勘探地质报告[R]. 楚雄: 云南地质工程第二勘察院, 1995.
- [11] 蔡如华, 邓星理. 云南省腾冲县硅藻土矿普查地质报告[R]. 楚雄: 云南地质工程第二勘察院, 1995.
- [12] 李向荣, 叶飞, 孙东川. 权系数未知下的灰色关联综合集成决策模型[J]. 甘肃科学学报, 2000, 12(4): 77-80.

TENGCHONG DIATOMITE RESOURCES APPRAISAL BASED ON GRAY ASSOCIATIVE ANALYSIS PREDICTION METHOD

LÜ Peng¹, CHEN Jian-ping¹, CAI Ru-ping², ZENG Min¹, ZHU Peng-fei¹, LIU Xiao-xia¹

(1. The institute of land resources and high techniques, The land resources information development and research laboratory of Beijing, China University of Geosciences(Beijing), Beijing 100083 China; 2. The Second Yunnan Geological and Engineering Institute, Chuxiong 675000, China)

Abstract: Gray theory can be used in mineral resources evaluation for prediction area with little information; it can predict target area and supervise ore prospecting. This paper uses its method in sorting resource potential of Jietou, Tuantian, Manduo, Ruidian and Zuosuoying. in west Yunnan province. With these works, the diatomite exploitation has been established and important application value and unique application effect of gray associative analysis prediction method in mineral resources evaluation have been highlighted.

Key Words: diatomite; gray system theory; associative analysis; mineral resources evaluation

(上接第 34 页)

参考文献:

[1] 邬介人, 于浦生, 贾群子. 海相火山- 沉积岩区铁- 铜- 硫成矿系列及铁- 铜型矿床[M]. 北京: 地质出版社, 1999. 5-34.

[2] 赵玉社. 我国西部铁矿、富铁矿分布及资源量预测[J]. 地质找矿论丛, 2003, 18(增刊): 115-117.

[3] 王登红, 陈毓川. 与海相火山作用有关的铁- 铜- 铅- 锌矿床成矿系列类型及成因初探[J]. 矿床地质, 2001, 20(2): 112-118.

[4] 李嘉兴, 姜俊, 胡兴平, 等. 新疆富蕴县蒙库铁矿床地质特征及成因分析[J]. 新疆地质, 2003, 21(3): 307-311.

[5] 仇仲学. 新疆富蕴县蒙库铁矿床地质特征及成因分析[J]. 地质找矿论丛, 2003, 18(增刊): 111-114.

[6] 薛春纪, 姬金生, 张连昌, 等. 北祁连镜铁山海底喷流沉积铁铜矿床[J]. 矿床地质, 1997, 16(1): 22-30.

[7] 刘华山, 李秋林, 于浦生, 等. “镜铁山”式铁铜矿地质特征及成因探讨[J]. 矿床地质, 1998, 17(1): 26-35.

[8] 胡兴平. 新疆富蕴县蒙库铁矿区地质特征及成因浅析[J]. 新疆有色金属, 2004, (1): 2-5.

[9] 李生全. 桦树沟铜矿床地质特征及成因分析[J]. 地质找矿论丛, 2003, 18(增刊): 103-107.

[10] 厉小钧. 对阿勒泰富铁矿成矿区地质找矿的几点认识[J]. 地质找矿论丛, 2003, 18(增刊): 96-99.

[11] 张振福. 新疆阿尔泰一带典型铁矿床特征、成因及找矿前景分析[J]. 地质找矿论丛, 2003, 18(增刊): 80-83.

[12] 王登红, 陈毓川. 阿尔泰成矿省的成矿系列及成矿规律[M]. 北京: 原子能出版社, 2002.

[13] 杨炳滨. 新疆阿勒泰蒙库铁矿钙铁榴石- 次透辉石与磁铁矿成矿作用讨论[J]. 地质地球化学, 1981, (8): 45-47.

[14] 叶庆同, 傅旭杰, 王保良. 新疆阿尔泰山南缘多金属成矿带的成矿规律[J]. 地质学报, 1998, 72(4): 351-357.

[15] 梁祥济, 乔莉. 火山岩中交代岩和铁矿的试验研究[J]. 岩石矿物学杂志, 1991, 10(4): 300-313.

COMPARISON OF THE MENGKU IRON DEPOSIT AND THE JINGTIESHAN IRON DEPOSIT

YANG Liang-zhe¹, ZHAO Yong-xin¹, LAI Fu-guang²,
ZANG Zhong-jiang², XIE Meng-hua², Long Yi²

(1. The Graduate School of China University of Geosciences, Wuhan 430074, China;
2. Xinjiang Jinbao mining Ltd., Xinjiang Fuyun 836100, China)

Abstract: Sedex genesis of Mengku iron deposit is controversial. This paper compares it with the Jingtieshan iron deposit that is a typical Sedex deposit. The first-hand field data reveal evidenced hydrothermal fluid characteristics instead of Sedex ones in Mengku iron deposit. Its genesis is still unclear and must go deeper.

Key Words: genesis of iron deposit; Mengku iron deposit; Jingtieshan iron deposit; iron deposit of sedimentation-exhalation; skarn iron deposit