

# 特征分析法在最小预测区优选中的应用

张 旦<sup>1</sup>, 周 莹<sup>2</sup>, 万永文<sup>1</sup>, 宋 昊<sup>1</sup>

(1. 成都理工大学, 成都 610059; 2. 武汉工程大学, 武汉 430205)

**摘 要:** 特征分析法在矿产预测中有着极为广泛的应用; 在研究当曲式铁矿矿床地质特征、成矿规律的基础上, 将特征分析方法应用到最小预测区优选中。根据成矿模型优选出含矿建造、断裂构造、航磁异常等 8 个预测变量, 在 12 个最小预测区中圈定出了 7 个一级最小预测区和 4 个二级最小预测区, 指出了进一步找矿方向。

**关键词:** 成矿预测; 特征分析法; 含矿建造; 最小预测区

**中图分类号:** P628

**文献标识码:** A

最小预测区优选是成矿预测工作中必不可少的一项工作内容, 是成矿预测研究成果的直接体现。它是在圈定最小预测区的前提下应用数学、计算机的方法, 根据成矿有利度大小对最小预测区进行评价和优劣排序, 实现最小预测区的分级, 为后续工作提供科学依据<sup>[1]</sup>。

特征分析法是一种多元统计分析方法。本文基于特征分析法的原理及基本思想, 在当曲式铁矿预测工作区最小预测区优选过程中应用此方法进行了靶区优选。

## 1 特征分析法基本思想

特征分析法表现为类比的数学思想。其基本思想是从所针对的某一类矿产中, 通过一定的数学方法找到该类矿床的共性表现, 这一共性反映了该类型矿床的地质因素之间的特定关系<sup>[2]</sup>。

## 2 特征分析法计算原理

特征分析法实质为特征变量的最佳加权线性组合, 权系数是由特定的控制单元内特征变量之间的相互关系确定的。模型的建立分为四步。

### (1) 选择控制单元

首先对整个预测区域进行合理的划分, 选择出成矿

可能性较大的单元。

### (2) 原始数据的转换

通过对比控制单元中各变量匹配数与不匹配数来研究变量对之间的相关关系, 进而揭示某类型矿床的特征。为此, 控制单元的各变量必须转化成为逻辑变量<sup>[3]</sup>。

逻辑变量转换也称布尔转换, 即是用布尔变量表示地质因素逻辑上对立的各种状态, 如对成矿有利为“1”, 对成矿不利为“-1”<sup>[4]</sup>。布尔变量可以是二维的也可以是三维的。无论是定性或定量变量, 还是连续变量或是离散变量都可以用三元逻辑表达。其变量对所要研究的问题有意义时为“1”, 无意义时为“-1”; 意义不确定时为“0”。

若在确定控制单元的情况下, 对某区域资源潜力进行评价时所有变量经过转换, 得到逻辑变量矩阵。以  $n$  个单元,  $m$  个变量为例:

### (3) 模型特征定量化

模型特征定量化, 又称最优化模型公式。一个单元内所取的地质变量很多, 少则几个, 多则数十个, 对某一特定类型的矿床而言, 各个地质变量的重要性是不一样的, 即它对成矿所起的作用是不一样的, 这就要求给各

收稿日期: 2012-05-15

基金项目: 西藏矿产资源潜力评价项目(1212010881631)

作者简介: 张 旦(1987-), 男, 陕西榆林人, 硕士生, 主要从事地质统计与资源评价方面的研究, (E-mail) 81662069@qq.com

个变量赋一个特定的值,这样就可以显示出各变量在该类型的矿产中的重要性次序,也为筛选变量提供了定量的依据。常用的模型特征定量化主要有三种:平方和法,乘积矩阵主分量法和概率矩阵主分量法。

#### (4) 最佳特征变量的确定

在已圈定的区域上获取各变量的赋值,即在第二步中得到的地质特征逻辑变量赋值表,建立线性组合:

显然,  $Y$  值越大,说明该区域越接近于模型矿床的地质特征,是更为有利的最小预测区。

### 3 成矿地质背景

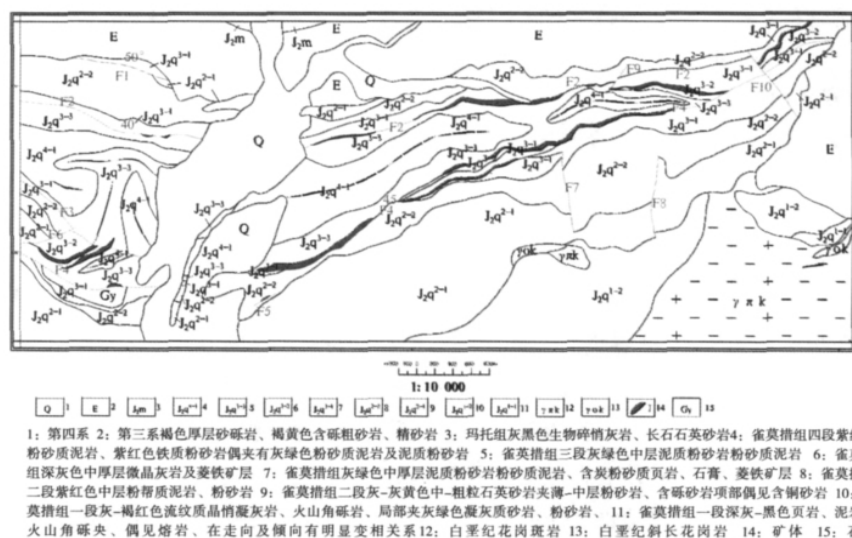


图1 当曲式铁矿区域地质图

雀莫错组一段菱铁矿层附近,往往夹有数层石膏矿层,其沉积环境为海陆过渡的扇三角洲-湖坪相沉积。岩性组合下部为灰色、深灰色中厚层中细粒岩屑石英砂岩、长石石英砂岩夹少量灰色复成分中细砾和灰色-灰绿色薄层泥岩,中部为灰绿色中层-中薄层细粒岩屑石英砂岩,长石石英砂岩、粉砂质泥岩、泥岩,上部为灰紫色中薄层粉砂岩、泥岩,中上部夹铁矿。该段厚度大于1 164.2 m。

#### 3.2 岩浆岩条件

区内侵入岩多呈近等轴状岩体和超浅成侵入体出露。侵入于中侏罗统地层中,同位素年龄值为  $73.67 \pm 0.79$  Ma (Ar-Ar 法),时代为晚白垩世。通过对区内成矿作用和构造演化作用的研究,认为当曲式铁矿的后期改造及富集与该期火山-侵入岩的叠加造关系非常密切。区内与成矿有关的岩石类型为晚白垩世火山-侵入岩。由流纹岩、流纹质泡沫熔岩、花岗斑岩及少量英安岩组成。

#### 3.1 地层条件

当曲铁矿预测工作区分布在羌北-昌都-兰坪地层分区的赤布张错地层小区(图1)。区内中侏罗统雁石坪群基本层序完整,旋回性明显,表现为“三砂两灰”的特点。据岩性组合、沉积旋回等特征自下而上划分为雀莫错组、布曲组和夏里组。雀莫错组根据岩性组合与层序地层分析,进一步细分为两个岩性段,含矿地层为雀莫错组一段。

#### 3.3 构造条件

区内褶皱规模大,数量多。当曲铁矿就赋存于苟炮曲向斜的两翼。区内褶皱作用发生在晚侏罗世末期,褶皱轴迹近东西向展布,枢纽多呈波状起伏。规模最大的为唐古拉复式背斜,背斜位于唐古拉山主脊,核部由雀莫错组一段组成,两翼由雀莫错组二段和布曲组构成。向斜位于背斜南北两侧,其核部由夏里组或布曲组构成,两翼为雀莫错组,褶皱较开阔。褶皱北翼倾角一般为  $25^\circ \sim 30^\circ$ ,南翼为  $35^\circ \sim 40^\circ$ ,枢纽倾伏角一般小于  $10^\circ$ ,为轴面略向北倾的斜歪水平褶皱。

区内主要断裂构造方向呈近东西向及北西向展布,其发生、发展与板块向南俯冲有关,控制了中生代晚期以来主要火山活动和岩浆侵入事件的发生,对各类金属、非金属矿产的形成具有一定的控制作用,具有控岩、控矿的特征,次级构造则是容矿构造。

4 最小预测区的圈定

分析预测工作区成矿规律对照当曲式层控型铁矿定性预测评价模型的指导下,结合地、物、化、遥信息,进行铁矿信息分析提取,圈定最小预测区<sup>[5]</sup>。

依据西藏地质矿产工作实际,其圈区原则为:(1)综合分析预测要素,遵循以地质信息为基础,利用地、物、化、遥等成矿信息综合,确定最小预测区的界线。(2)按最小面积最大含矿率的原则,确定发现矿床可能性最大的空间。(3)按 1:25 万比例尺要求,原则上最小预测区面积不超过 100 平方公里,过大时适当分割,过小时适当归并。根据当曲式铁矿成矿必要、重要要素:沉积岩成矿建造、化探异常、化探推断建造,将其转化为变量,建立要素叠加法预测工作区圈定模型,应用 MARS 软件圈定最小预测区<sup>[6]</sup>。所得的最小预测区如图 2 所示。

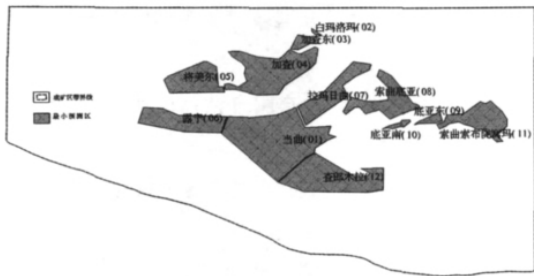


图 2 当曲式铁矿最小预测区分布示意图

5 最小预测区优选

在圈定最小预测区的基础上,选取 8 个与成矿相关的地质因素,仅以当曲式铁矿预测工作中圈定的 31 个最小预测区中的 12 个为控制单元。可得出当曲式铁矿地质特征逻辑变量赋值表(表 1)。

表 1 当曲式铁矿地质特征逻辑变量赋值表

最小预测区编码	含矿建造	断裂构造	磁异常	铁染异常	羟基异常	化探异常	褶皱缓冲	侵入岩
01	1	1	1	-1	0	1	1	1
02	1	1	0	-1	-1	0	1	-1
03	1	1	0	-1	-1	0	1	-1
04	1	1	1	-1	1	-1	1	0
05	1	-1	1	0	1	0	0	1
06	1	1	-1	-1	0	-1	1	-1
07	1	1	-1	0	0	0	0	0
08	1	1	0	-1	-1	1	0	1
09	1	1	0	-1	-1	-1	-1	1
10	1	0	0	-1	-1	0	-1	1
11	1	1	0	-1	-1	-1	-1	1
12	1	1	1	-1	0	1	1	1

将地质特征逻辑变量赋值表转化为矩阵形式可得矩阵 Z:

$$Z = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & -1 & 0 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 0 & -1 & -1 & 0 & 1 & -1 \\ 1 & 1 & 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 \\ 1 & 1 & 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & -1 & -1 & 0 & -1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 & 0 & -1 & 1 & -1 \\ 1 & 1 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & -1 & -1 & 1 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 0 & -1 & -1 & -1 & -1 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & -1 & -1 & 0 & -1 & 1 \\ 1 & 1 & 0 & -1 & -1 & -1 & -1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & -1 & 0 & 1 & 1 & 1 \end{pmatrix}$$

依据特征分析基本原理,应用 MATLAB 编程计算,可得关联矩阵 R 和关联矩阵 P。

乘积关联矩阵:

$$Z = \begin{pmatrix} 12 & 9 & 2 & -10 & -4 & -1 & 3 & 4 \\ 9 & 11 & 0 & -9 & -5 & -1 & 4 & 1 \\ 2 & 0 & 6 & -2 & 2 & 2 & 2 & 4 \\ -10 & -9 & -2 & 10 & 5 & 1 & -3 & -3 \\ -4 & -5 & 2 & 5 & 8 & 0 & 2 & -1 \\ -1 & -1 & 2 & 1 & 0 & 7 & 2 & 2 \\ 3 & 4 & 2 & -3 & 2 & 2 & 9 & -4 \\ 4 & 1 & 4 & -3 & -1 & 2 & -4 & 10 \end{pmatrix}$$

概率关联矩阵为:

$$Z = \begin{pmatrix} 1 & 106 & 54 & 0 & 22 & 43 & 76 & 87 \\ 106 & 1 & 35 & 0 & 8 & 32 & 62 & 46 \\ 54 & 35 & 1 & 9 & 21 & 43 & 34 & 46 \\ 0 & 0 & 9 & 1 & 86 & 54 & 35 & 35 \\ 22 & 8 & 21 & 86 & 1 & 24 & 40 & 36 \\ 43 & 32 & 43 & 54 & 24 & 1 & 48 & 46 \\ 76 & 67 & 34 & 35 & 40 & 48 & 1 & 28 \\ 87 & 46 & 46 & 37 & 36 & 46 & 28 & 1 \end{pmatrix}$$

分别建立三种最优模型公式,可得出各变量的权系数(表 2)。

表 2 三种方法计算所得各变量权系数对比表

变量	平方和法	乘积矩阵	概率矩阵
含矿建造	0.1776	1	1
断裂构造	0.1665	0.9245	0.8541
航磁异常	0.0782	0.1656	0.8566
铁染异常	0.1672	-0.9466	0.9384
羟基异常	0.1087	-0.4852	0.4874
化探异常	0.0738	-0.0482	0.0454
褶皱缓冲	0.1103	0.2987	0.2899
侵入岩	0.1177	0.3141	0.3201

对比三种方法所得出的数据,平方和法所得出的数据羟基异常较大而磁异常相对较小,概率矩阵主分量法所得出的数据铁染异常较大。

所选取的 8 个变量中,含矿建造、断裂构造两个变量是成矿必要的变量;而铁染异常、羟基异常对成矿意义不大<sup>[5]</sup>。因此三种方法中,乘积矩阵主分量法与实际情况吻合更好,所以选择乘积矩阵主分量法得出的数据为各变量权系数。依据特征分析法原理可得出各最小预测区优选度(表 3)。

表 3 当曲式铁矿预测工作区各最小预测区  
优选度一览表

区编码	优选度	区编码	优选度
01	3.6014	07	1.7589
02	3.3409	08	3.6222
03	3.3409	09	3.4199
04	2.8985	10	2.4472
05	0.0701	11	3.4199
06	2.7383	12	3.6014

当曲式铁矿预测远景区分级示意图如图 3 所示。

由特征分析法基本原理可知优选度越接近典型矿床优选度的最小预测区为成矿远景越有利的最小预测区。结合地质研究根据成矿有利度来确定预测区级别 I, II, III 的划分界限。优选度超过 3 最小预测区为 I 级最小预测区,优选度在 2~3 之间的最小预测区为 II 级区,优选度小于 2 的最小预测区为 III 级区。

因此对该工作区进行地质勘探时应先考虑 I 级最小预测区。

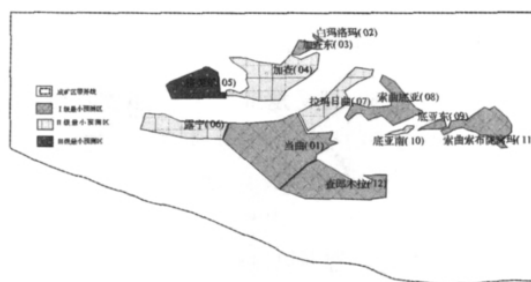


图 3 当曲式铁矿最小预测区分级示意图

#### 参考文献:

- [1] 朱裕生. 矿产资源评价方法学导论 [M]. 北京: 地质出版社, 1984.
- [2] 刘淑文. 特征分析方法在区域成矿预测中的应用 [J]. 西安工程学院学报, 2002, 24(2): 26-28.
- [3] 杨本锦, 郭履和, 彭富钰, 等. 矿产资源评价决策模型——以攀西钒铁钛磁铁矿为例 [M]. 成都: 四川科技出版社, 1985.
- [4] 朱裕生, 肖克炎. 成矿预测方法 [M]. 北京: 地质出版社, 1997.
- [5] 肖克炎, 朱裕生, 宋国耀. 矿产资源 GIS 定量评价 [J]. 中国地质, 2000(7): 29-32.
- [6] 中国地质科学院成矿远景区划室. 成矿预测论文集 [M]. 北京: 地质出版社, 1991.

## Application of Characteristic Analysis to Optimization of Prospective Area of Mineral Deposits

ZHANG Dan<sup>1</sup>, ZHOU Ying<sup>2</sup>, WAN Yong-wen<sup>1</sup>, SONG Hao<sup>1</sup>

(1. Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, China; 2. Wuhan Institute of Technology, Wuhan 430205, China)

**Abstract:** Characteristic Analysis is used widely in the optimization of prospective area of mineral deposits. Based on summing-up geological characteristics ore-forming disciplinarian and ore-prospecting indicators in the Dangqu steatobound-type iron deposit area, the characteristic analysis is applied to prospective area of mineral deposits. According to this model, 8 prediction variables containing stratum, structure, geophysical, geochemical, remote variables are chosen. 7 first-order prediction target areas and 4 second-order areas are recognized in this study. Further ore-prospecting direction is given. The quantitative prediction method ore-prospecting targets is researched. Better ore-prospecting effect is made.

**Key words:** mineral prediction; characteristic analysis; ore bearing formation; prospecting areas