

秦岭地区铅锌矿床模糊逻辑法 找矿远景区优选

商 伟, 陈守余, 赵江南

(地质过程与矿产资源国家重点实验室, 中国地质大学 资源学院, 武汉 430074)

摘 要: 根据秦岭地区铅锌矿床成矿地质背景, 应用 Arcview GIS 对赋矿地层、控矿构造等进行空间分析, 提取预测变量。依据不同预测变量与铅锌矿床的相关性大小, 选择不同的模糊算子进行综合, 生成识别控矿因子。参考伽马算子、综合控矿因子, 进行成矿远景区划分, 并依据伽玛算子大小进行靶区优选。

关键词: 矿致信息提取; 模糊逻辑法; 成矿预测; 靶区优选; 铅锌矿床; 秦岭

中图分类号: P612; P618.4 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-1412(2009)01-0047-04

0 引言

秦岭成矿带是我国重要的有色、贵金属矿产资源基地, 位于秦祁昆成矿域的东段, 地跨青海、甘肃、陕西、河南、湖北 5 省, 北起兴海、共和、天水、宝鸡、西安、栾川、驻马店、信阳, 南到广济、襄樊、房县、略阳、玛沁一带。秦岭造山带是经历了多期(多阶段)构造运动(特别是加里东、海西、印支和燕山运动)的复合造山带。以宝鸡—洛南—栾川—方城断裂、商丹主缝合带和勉略带—大巴山弧形断裂为界, 自北而南依次划分为华北陆块南缘构造带、北秦岭构造带、南秦岭构造带和扬子陆块北缘构造带^[1]。

秦岭区域成矿具有多样性, 现已查明矿产 100 余种, 已发现金属矿床数百处, 在已探明的矿床中, 金、铅、锌、银、铜、汞、锑等矿种具有明显优势。近年的地质综合研究与矿产勘查工作表明, 秦岭成矿带乃是我国最具成矿潜力、找矿远景的地区之一。基于 GIS 空间分析技术建立成矿因素与地质背景之间的联系, 进行找矿信息的深层提取, 利用数字模型进行找矿有利度识别, 有利于发现隐式地质异常, 量化找矿远景区评价, 指导靶区优选。

1 秦岭地区铅锌矿床矿致信息提取与优化

1.1 地层证据层分析

为了确定有利的成矿地层, 将研究区内 239 个铅锌银矿床与地层文件做相交分析和统计分析, 有 204 个矿床点落在地层文件上; 通过对地层文件分析, 得出泥盆系中的异常最大, 其次为中元古界和寒武系、志留系、奥陶系—志留系、三叠系、石炭系和震旦系—寒武系。同时为了对不同地层的含矿性进行对比, 采用了矿床规模加权的方法构建统计量(表 1), 统计分析显示泥盆系与已知的大中型矿床关系密切, 其次为三叠纪和石炭纪, 已知小型矿床(点)产于其他地层中。

1.2 岩体证据图层分析

秦岭地区岩浆岩出露广泛, 岩体时代从元古代到新生代。对该地区的 239 个铅锌银矿床(点)与岩体文件相交分析后统计, 35 个矿床(点)赋存于岩体内外接触带上, 通过对这 35 个矿床(点)进行异常因子分析可得出石英闪长岩、石英二长闪长岩和石英二长岩为异常明显, 而最有利成矿的岩体时代为侏罗纪、三叠纪和古生代。通过对岩体做 buffer 分析, 当 buffer 半径为 2 个单位(实地距离 1 km)时含有

收稿日期: 2008-05-07

作者简介: 商伟(1983-), 女, 辽宁锦州人, 硕士研究生, 主要从事成矿预测与 GIS 应用研究。通信地址: 湖北省武汉市洪山区鲁磨路 388 号; 邮政编码: 430074; E-mail: qisiman@163.com

矿点数最多,所以距离岩体 1 km 为找矿有利区域。

表 1 秦岭地区铅锌矿床信息表

Table1 Lead-zinc deposit information from Qinling area

地层	见矿单元面积/km ²	总面积/km ²	该单元见矿数	异常因子系数	大中型矿床数	加权统计量
泥盆系	13311.22	120106.52	68	0.036943	12	116
中元古界	15429.37	158363.26	33	0.015761	5	53
寒武系	10886.09	86411.37	18	0.011116	3	30
志留系	18622.05	145132.88	12	0.007548	0	12
奥陶系-志留系	8158.21	35846.37	4	0.004463	0	5
三叠系	57482.29	372078.11	5	0.003787	0	5
石炭系	3556.70	27320.46	8	0.005105	2	16
震旦系-寒武系	1611.90	27564.78	9	0.00258	0	5

注:异常因子系数=(该单元的见矿数/总矿点(床)数)×(该单元见矿面积/该单元总面积);加权统计量=4(大中型矿床数)+该单元总矿床数

1.3 断裂证据图层分析

1.3.1 断裂缓冲区分析

用 MAPGIS 空间分析功能对所有断裂做缓冲区分析,可得出在 buffer 半径为 6 时含有矿床数最多,达到全区矿床数的 82%,矿床概率密度为 1.68×10^{-4} ,但在 buffer 半径为 2(实际距离为 1 km)时,矿床概率密度最大,为 2.18×10^{-4} ,所以距离断裂 1 km 为找矿有利区域(图 1)。

1.3.2 断裂构造因子分析

从 1:5 万的断裂图中提取,制作断裂等密度和断裂中心对称度图件,经过相交分析和统计分析可知,随着等密度和中心对称度值的增大,断裂等密度和断裂中心对称度的异常因子系数逐渐减小。

公式^[1]

$$\mu_{xj} = \frac{1}{1 + e^{-a(x_{ij} - b)}}$$

其中, b 为拐点; a 为函数的斜率; x_{ij} 为第 i 个图层的第 j 个级别; $X_{ij} = W_i \times W_j$; W_i 为第 i 个证据图层的权值; W_j 为证据图层内第 j 个级别的权值。

求出各个变量的隶属度,为模糊逻辑算法的第一步。证据图层及级别的权值见表 2。地层图层作为预测最为重要的变量,与矿床的关系最为密切,90% 以上的矿床(点)全部出露在地层单元上,所以赋值 10;岩体的时代、岩性及岩体的缓冲区对找矿具有一般的指示,赋值 9;断裂图层也有较强的容矿和控矿作用,对矿床的形成和发展也起到了至关重要的作用,所以赋值为 8。

2.2 模糊算法

模糊综合是模糊逻辑算法的第二步,选择不同的模糊算子产生不同标准的预测结果。例如,在某区域变量 A 和变量 B 同时存在,说明该区域是有利的找矿远景区;相应的算子就可以选择模糊与或模糊代数积,类似的如果只有 1 个变量存在,那么同样说明该区域是有利的找矿远景区,那么算子就应该选择模糊代数和或模糊或。模糊算子的公式^[2-5]:

(1) 模糊与。定义为:

$$\mu_{(x)} = \min(\mu_A, \mu_B, \mu_C, \dots)$$

即对单元网格中若干个变量的隶属度取小,是对命题真实性的保守估计。

(2) 模糊或。定义为:

$$\mu_{(x)} = \max(\mu_A, \mu_B, \mu_C, \dots)$$

各单元网格中,输出的隶属度大小由其中最大的隶属度控制,是对命题的乐观估计。

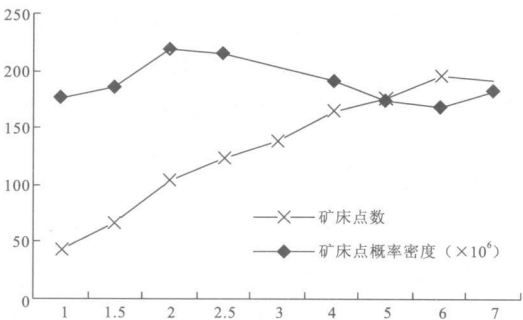


图 1 断裂缓冲区含矿性曲线图

Fig. 1 Ore-bearing curve of the fault buffer zone

2 模糊逻辑法成矿预测模型构制

2.1 模型构制

根据上面进行的各个变量的分析,应用隶属度

表 2 证据图层的隶属度

Table 2 Fuzzy membership value for evidence map				
变量类别	图层权值	级别权值	级别得分	模糊隶属度
地层				
泥盆系	10	10	100	0.9933
中元古界	10	9	90	0.9820
寒武系	10	8	80	0.9526
石炭系	10	7	70	0.8808
志留系	10	6	60	0.7311
三叠系	10	5	50	0.5000
奥陶系- 志留系	10	4	40	0.2689
震旦系- 寒武系	10	3	30	0.1192
新元古界	10	2	20	0.0474
石炭系- 泥盆系	10	1	10	0.0180
岩体岩性				
石英二长闪长岩	9	10	90	0.9820
二长花岗岩	9	9	81	0.9569
斜长花岗岩	9	8	72	0.9002
石英闪长岩	9	7	63	0.7858
石英闪长岩	9	6	54	0.5987
花岗岩	9	5	45	0.3775
橄榄岩	9	4	36	0.1419
岩体时代				
三叠纪	9	10	90	0.9820
侏罗纪	9	9	81	0.9569
志留纪	9	8	72	0.9002
元古宙	9	7	63	0.7858
古生代	9	6	54	0.5987
白垩纪	9	5	45	0.3775
岩体 buffer				
1 km	9	10	90	0.9820
1.5 km	9	9	81	0.9569
2 km	9	8	72	0.9002
2.5 km	9	7	63	0.7858
3 km	9	6	54	0.5987
3.5 km	9	5	45	0.3775
4 km	9	4	32	0.1419
4.5 km	9	3	27	0.0911
5 km	9	2	18	0.0392
断裂等密度				
0- 5	8	10	80	0.9526
5- 15	8	9	72	0.9002
15- 25	8	8	64	0.8022
25- 35	8	7	56	0.6457
35- 45	8	6	48	0.4502
45- 55	8	5	40	0.2689
断裂中心对称度				
0.0- 0.1	8	10	80	0.9526
0.1- 0.2	8	9	72	0.9002
0.2- 0.3	8	8	64	0.8022
0.3- 0.4	8	7	56	0.6457
0.4- 0.5	8	6	48	0.4502
0.5- 0.6	8	5	40	0.2689
0.6- 0.7	8	4	32	0.1419
断裂缓冲区				
1km	8	10	80	0.9526
1.5km	8	9	72	0.9002
2km	8	8	64	0.8022
2.5km	8	7	56	0.6457
3km	8	6	48	0.4502
3.5km	8	5	40	0.2689
4km	8	4	32	0.1419
4.5km	8	3	24	0.0691
5km	8	2	16	0.0323

(3) 模糊代数积。模糊代数积是各单元中隶属度的乘积, 定义为:

$$\mu_{(x)} = \prod_{i=1}^n \mu_i$$

其得到的结果常常小于或等于最小的隶属度。

(4) 模糊代数加。模糊代数积是一个简单的代数积, 但模糊代数加不是一个简单的代数加, 其定义如下:

$$\mu_{(x)} = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - \mu_i)$$

该操作的结果总是大于等于最大的隶属度, 这里两个同时支持命题的证据互相增强, 其结果是对命题的进一步肯定。

本文根据主观选择模糊算子最后生成预测推理网络图(图 2)。任何矿产的形成除了要有成矿物质来源外, 还要有成矿物质运移的通道和沉淀、聚集的场所, 这都与一定的地质构造有关。在成矿预测中, 必须把构造研究放在首要的地位^[6], 所以本文对构造变量采用模糊代数加; 岩浆活动是地壳运动的重要形式之一, 从矿化与岩浆活动的固有联系出发, 分析各种岩浆产物的含矿性可以指导矿床预测和指明找矿远景^[6], 所以本文对岩体的 3 个属性采用模糊或操作, 得到有利的岩体。

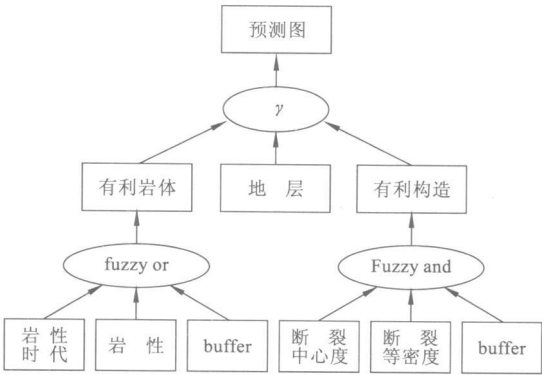


图 2 预测推理网络图

Fig. 2 The inference network prediction diagram

2.3 成矿预测规则

原始变量模糊化, 生成派生变量, 最后由伽玛算子进行综合, 生成最终的远景区预测图。伽玛算子(γ)^[2-5] 定义为:

$$\mu_{(x)} = \left(\prod_{i=1}^n \mu_i \right)^\gamma \cdot \left(1 - \prod_{i=1}^n (1 - \mu_i) \right)^{(1-\gamma)}$$

模糊逻辑方法在成矿预测中的应用规则主要是依据伽玛算子的选择。伽玛算子的选择是主观的, 主要依据预测面积与矿点的分布来判断, 最佳的伽

玛算子选择是预测面积相对小而含有更多的已知矿床(点)^[7]。本文选择伽玛算子等于 0.6、0.7、0.8 和 0.9 进行试算,最终选择 $\gamma=0.7$ 生成秦岭地区铅锌矿床成矿远景区图(图 3)。

3 秦岭地区靶区优选

由图 3 中可以计算得出不同阈值时的预测面积及矿床(点)数等数据(表 3)。

表 3 靶区优选依据

Table 3 The basis of target optimization

阈值	全区总面积 (km ²)	预测面积 (km ²)	矿床 (点)数	含矿概率 (%)	预测区 (%)
0.6~0.7	2675100	603727.915	110	0.018	22.568
0.7~0.8	2675100	155018.440	70	0.045	5.795
0.8~0.9	2675100	83148.133	23	0.028	3.108

根据表 3 数据,可对找矿远景区进行优选。采用以下优选原则:

第一类远景区:阈值为 0.7~0.8,已知矿床(点)与预测面积的比为 0.045%,预测面积为全区的 5.7%,成矿地质条件优越,地层以泥盆系为主,岩体主要为基性-超基性岩,断裂极为发育。

第二类远景区:阈值为 0.8~0.9,已知矿床(点)与预测面积的比为 0.028%,预测面积较小,成矿地质条件较好,基本在第一远景区的内部。各地质因素及发育程度与第一远景区相似。

第三类远景区:阈值为 0.6~0.7,已知矿床

(点)与预测面积的比为 0.018%,预测面积较大,为全区的 23%,成矿地质条件较好或有一定的矿化信息,大多位于第一、第二远景区的外围,地质情况与第一和第二远景区相似。

4 结论

通过讨论在 GIS 环境下应用模糊逻辑方法进行矿产预测,可以得出以下认识:

(1) 定量和定性地认识研究区已知矿点和地质变量间的空间关系在矿产预测中是非常重要的。定量的认识可以确定隶属度大小,而定性的认识可以从地质角度对隶属度进行修正。

(2) 模糊算子的选择在综合中非常重要,不同的选择对预测结果影响很大,选择的标准是主观的。本文模糊算子的选择主要是根据综合的成果图件和已知矿点的分布模式是否差别很大。

(3) 应用模糊逻辑方法进行秦岭成矿区铅锌矿床预测,确定了几个区域规模上的成矿区带,为秦岭地区找矿提供了一个新的方向。

参考文献:

[1] 姚书振,周宗桂,吕新彪,等. 秦岭成矿带成矿特征和找矿方向[J]. 西北地质, 2006, 39(2): 156-157.

[2] 谢季坚,刘承平. 模糊数学方法及其应用[M]. 武汉: 华中科技大学出版社, 2000.

[3] 李凡. 模糊信息处理系统[M]. 北京: 北京大学出版社, 1998.

[4] Kemp L D, Bonham Carter G F, Raines G L, et al. Arc-SDM Arcview Extension for Spatial Data Modeling Use Weights of Evidence, Logistic Regression, Fuzzy Logic Neural Network Analysis[M/OL]. <http://ntserv.gis.nrc.gc.ca/sdm/>, 2004.

[5] An Ping, Moon Wooil M, Rencz Andy. Application of Fuzzy Set Theory for Integration of Geological, Geophysical and Remote Sensing Data[J]. Can. Jour. Exploration Geophysics, 1991, 27(1): 1-11.

[6] 卢作祥,范永香,刘辅臣. 成矿规律和成矿预测学[M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 1988: 19-173.

[7] 邢学文,胡光道. 模糊逻辑法在秦岭-松潘成矿区金矿潜力预测中的应用[J]. 吉林大学学报(地球科学版), 2006, 36(2): 298-304.

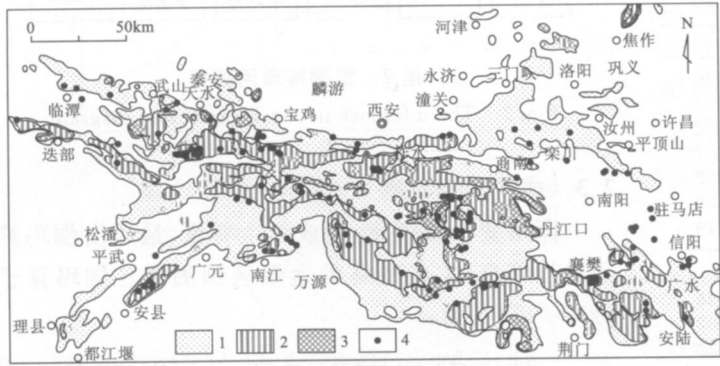


图 3 秦岭地区铅锌矿床成矿预测远景区图

Fig.3 Lead-zinc deposit potential forecast of Qinling area
1. 0.6~0.7 2. 0.7~0.8 3. 0.8~0.9 4. 铅锌矿床(点)

THE 3-DIMENSION GEO-SCIENCE MODEL OF GUANGXI DACHANG TIN-POLYMETALLIC ORE FIELD AND THE ORE PROGNOSIS WITH COMPREHENSIVE INFORMATION

YANG Xiao-kun¹, QIN Dexian¹, FENG Mei-li², HU Zhi-jun¹, WU Wei¹, JIANG Shun-de³

(1. The Geological Institute of Mineral Deposit, Kunming University of Science and Technology,

Kunming 650093, China; 2. Yunnan Branch of Bank of China, Kunming 650051, China;

3. Yunnan University, Kunming 650091, China)

Abstract: The large mining software, Surpac Vision is applied to establishment of the 3-dimension geo-science model of mines in Dachang area, Guangxi province. The 3-dimension geo-science model is one of the key technologies of digital mine. The model can display perceivably and quantitatively the general topographic, stratigraphic, tectonic, magmatic rock and the drill-hole primary geochemical halo configuration of the mine and realize multi-schedule outlining of anomalies dynamically and 3-dimensionally so as to make analysis of morphology of the anomaly and the spatial change pattern thus realize the ore prognosis with comprehensive information.

Key Words: the geo-science model; Surpac Vision; digital mine; the ore prognosis with comprehensive information; Guangxi province

(上接第 50 页)

POTENTIAL AREAS FOR Pb-Zn DEPOSIT IN QINLING REGION OPTIMIZED WITH THE FUZZY LOGIC METHOD

SHANG Wei, CHEN Shou-yu, ZHAO Jiang-nan

(The State Key Lab of Geological Processes and Mineral Resources

of Resources Faculty of China University of Geology, Wuhan 430074, China)

Abstract: Based on analysis of the geological background of Pb-Zn deposits in Qinling region. ArcView GIS was applied to analyzing spatial relation of the ore host stratum, ore-controlling structure and extracting the ore predicting variables. According to the correlative degrees of the variables and the deposits various fuzzy operators were selected to synthesize, generate and recognize ore-control factors. Gamma operator and the synthetic ore-control factor were referred to division of the potential areas then the target areas were optimized by size of Gamma operators.

Key Words: extraction of the ore-caused information; fuzzy logic method; ore prediction; optimization of the target areas; Pb-Zn deposit; Qinling