

基于 ARCVIEW 证据权重法的成矿远景区预测 ——以陕西旬北铅锌矿富集区为例

李随民¹, 姚书振², 周宗桂², 郝华金³

(1. 石家庄经济学院 资源学院, 石家庄 050031; 2. 中国地质大学 资源学院, 武汉 430074;
3. 河北省地质勘查局 第三地质队, 河北 张家口 075000)

摘 要: 陕西旬北地区的志留纪地层是近几年来新发现的铅锌矿含矿层位, 通过对研究区地球化学、地层和断层等控矿因素的分析, 在 ArcView 平台下运用证据权重法对该区进行了资源远景区预测, 圈出了 6 个成矿远景区。

关键词: 旬北盆地; ArcView; 证据权重法

中图分类号: P628; P618.4 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-1412(2007)03-0179-05

0 引言

中国秦岭铅锌矿带是世界上重要的铅锌矿带之一, 已探明铅锌金属储量数千万吨。近几年在南秦岭旬北地区志留纪的地层中又发现有层控铅锌矿床(点)的分布, 这就将秦岭铅锌矿的控矿地层由泥盆系扩展到志留系。陕西旬北铅锌矿主要分布在东西长约 100 km, 南北宽 10~50 km 的范围内。已初步查明区内铅锌矿主要位于中志留统双河镇组(S_{2s})和下志留统梅子垭组(S_{1m}); 在志留系中有 3 个铅锌成矿带, 分别为泗人沟—南沙沟矿带、红土坡—韩氏沟—小沟矿带和西营—黄石板矿带。在成矿带内已发现 30 余处铅锌矿床(点), 目前已探明了泗人沟、关子沟、南沙沟 3 个中型矿床。

1 证据权重法原理及实现

证据权重法是加拿大数学地质学家 Agterberg^[1]提出的基于二值图像的一种地学统计方法, 是一种在假设条件独立的前提下综合证据因子的定量预测方法。该模型并不要求对区域控矿因素的重要性有先

验的知识, 它用统计学方法研究各地质因素与矿产分布的关系。其出发点是统计学, 即统计出研究区里既有某地质标志, 又有矿产地的面积; 某标志与矿产同时出现的概率越大, 其找矿意义无疑越重要, 其权重值也就越大; 将统计单元各独立找矿信息因子进行加权综合, 便可得到不同级别的远景区。

证据权重法作为一种重要的预测模型, 在矿产资源预测中已有很多成功的应用。为了使证据权重法被更多的地质工作者使用, 中国地质科学院和中国地质大学(武汉)数学地质研究所在 MAPGIS 软件平台上分别开发了(MRAS)^[2]和 MORPAS(mineral ore resources perspective and assessment system)矿产资源勘查评价系统, 其中预测方法中均包括证据权重预测模型。加拿大 Laura Kemp 也利用 Avenue 语言编写了基于 ArcView 平台的证据权重法扩展模块(WofE Extension)。但应指出的是, 利用 GIS 进行矿产资源预测成功与否, 在很大程度上仍取决于对研究区成矿规律的认识程度和矿产资源预测方法的合理应用。

证据权重法实现方法如下:

(1) 对各证据因子进行处理, 对于矢量专题信息可以基于网格模型, 首先提取已知矿点图层进行网格划分, 建立含矿网格图层。

(2) 将各证据因子的专题图层与含矿(网格)图

层叠加,进行前验概率及权重(W^+ 和 W^-)计算。

前验概率计算。即根据已知矿点分布计算各证据因子单位区域内的成矿概率。假设每个矿点所占的单元格面积为 u ,研究区的面积(以单元格为单位)为 $A(T)/u=N(T)$,其中 T 表示研究区, $A(T)$ 表示面积, $N(T)$ 表示单元格数目。研究区内的矿点数为 $N(D)$,则随机选取一个单元格中矿点的概率为 $P(D)=N(D)/N(T)$,也被称为前验概率。几率为: $O(D)=P(D)/(1-P(D))$ 。在指定网格单元大小的条件下,对某一地区进行矿产资源预测时该值是一个定值。

权重计算。对任一证据因子二值专题权重定义为:

$$W^+ = \ln P(B/D)P(B/D)$$

$$W^- = \ln P(B/D)P(B/D)$$

式中 W^+ 和 W^- 分别为证据因子存在区和不存在区的权重值,对于原始数据缺失区,权重值为0。

(3)进行证据因子的相对矿点条件独立性检验,并根据前验概率及权重(W^+ 和 W^-)值,筛选出最合理的证据因子专题图层,进行后验概率计算。

后验概率计算。证据权重法要求各证据因子之间相对于矿点分布满足条件独立。对 n 个证据因子,若它们都关于矿点条件独立,几率对数为:

$$\ln\{O[D/(B_1^k B_2^k \dots B_n^k)]\} = \sum_{j=1}^n W_j^k + \ln O(D)$$

$$W_j^k = \begin{cases} W^+ & \text{当证据因子存在时} \\ W^- & \text{当证据因子不存在时} \\ 0 & \text{当数据缺失时} \end{cases}$$

后验概率为: $P(D/B)=O/(1+O)$ 。

(4)根据研究区内每个网格单元后验概率的大小,生成综合成矿远景图。

2 控矿信息的提取及预测变量的构置

根据研究区的成矿地质条件,分别提取了与成矿关系密切的地质信息作为预测变量。

2.1 地球化学信息提取

根据区域和矿床地球化学分析,选用了与铅、锌成矿元素关系密切的V, Ni, Ag, B, Li, Ba元素作为证据层。各元素证据层分别为用分形方法计算出的

异常下限所圈出的异常图。

2.2 地层控矿信息提取

旬北地区铅锌矿床地层控矿特征明显,所有铅锌矿均赋存于志留系和泥盆系中,其中以志留系为主要赋矿层位。志留系有2个含矿层位:一是中志留统双河镇组(S_{2s}),出露有南沙沟、关子沟、泗人沟等铅锌矿床(点),另一含矿层位是下志留统梅子垭组(S_{1m}),该套地层是近几年来新发现的铅锌矿含矿层位,找矿潜力较大,主要出露有任家沟、韩氏沟、江坡、曹家台、黄石板等铅锌矿床(点)。泥盆系中的铅锌矿床(点)均赋存于生物礁灰岩中,出露的矿床(点)有野猪洼、赵家庄。

2.3 断层控矿信息提取

研究表明,本区的断裂构造对铅锌矿床(点)的形成和后期改造起着重要作用。研究区断裂以EW向和NWW向为主,有少量的NE向断裂存在,为研究不同方向断裂对矿床的控制作用,构置了断裂平均方位和能够反映单位面积内地质复杂程度的断裂条数和断裂交叉点数等变量参加预测。

因此,本次预测的证据层有12个,分别为:8种化学元素(Zn, Pb, V, Ni, Li, Ba, B, Ag);含矿地层、断层交叉点数、断层条数和断层平均方位。

其中,断层控矿信息的提取是在MORPAS软件中利用其自动提取网格单元中的地质变量功能完成的。首先对研究进行 $2\text{ km} \times 2\text{ km}$ 的网格单元划分,共划分2147个网格单元,分别提取了每个单元内断层交叉点数、断层条数、断层平均方位等3种变量值。

3 证据权重法的实现

证据权重法预测的流程为:

矿点提取 前验概率计算 各证据层权重计算
条件独立性检验 证据层筛选 后验概率计算
(靶区预测)。

本次预测工作是在ArcView平台上用加拿大Laura Kemp编写的证据权重法扩展模块(WofE Extension)完成的。首先提取旬北地区已知的铅锌矿床(点)作为计算权重因子的矿点主题(Train-

表3 证据层及其权重

Table 3 The evidence layer and the weight

证据层	Class 值		Contrast	S(C)
Zn	W0	0.1564	5.2361	0.5235
	W105	- 0.4564		
	W120	- 5.0797		
	W135	- 3.7481		
Pb	W0	- 0.3746	1.376	2.7416
	W28	0.8116		
	W30	1.0014		
V	W0	0.1361	5.0593	0.5058
	W140	- 1.6158		
	W160	- 4.9232		
	W180	- 4.18		
Ni	W0	0.2758	6.8951	0.6894
	W42	- 6.6193		
	W47	- 6.0032		
	W52	- 3.3185		
Li	W0	0.0497	5.6242	0.5623
	W32	0.2072		
	W38	- 0.997		
	W44	- 5.417		
Ba	W0	0.2037	6.3089	0.6308
	W900	- 6.1052		
	W1100	- 5.584		
	W1300	- 4.9314		
B	W0	- 0.4728	3.9771	0.3974
	W75	0.6759		
	W85	0.4054		
	W95	- 3.3012		
Ag	W0	0.0011	5.5331	0.5529
	W120	0.5678		
	W140	- 0.9863		
	W160	- 4.9653		
	W180	- 3.5237		
含矿地层	W0	- 1.6261	2.0071	3.9623
	W1	0.451		

断层平均方位	W-80	- 0.9102	8.6062	0.8537
	W-79	- 0.9102		
		
	W-1	- 3.432		
	W0	- 0.7636		
	W1	- 2.7106		
		
断层交点数	W79	- 1.2004	7.4844	0.7433
	W0	- 0.1813		
	W1	2.3679		
	W2	- 3.3474		
	W3	- 2.0157		
断层条数	W4	4.137	6.7616	0.6715
	W0	- 0.7466		
	W1	0.2178		
	W2	0.8908		
	W3	1.0574		
		
	W16	- 0.9102		
W17	2.5963			

将计算出的各证据层权重值代入公式,即可计算后验概率,并自动生成铅锌矿综合预测图(图2)。

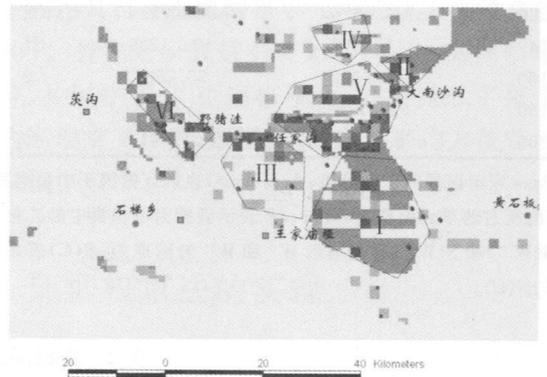


图2 大于前验概率预测图

Fig. 2 Prediction diagram showing bigger probability than the former

4 预测结果及评价

从用证据权法预测的概率图上看,已知铅锌矿床(点)的绝大部分落入成矿概率高的地区,可以认

为该模型适用于本地区铅锌矿床的预测。从预测区域看, 预测结果可圈出 6 个成矿远景区。远景区以下志留统梅子垭组为主(, , ,), 且分布面积较大; 其中, 预测的 区域为已知铅锌矿床(点)较多的地区, 和 区域应成为寻找下志留统铅锌矿床的最有利部位。泥盆系铅锌矿远景区主要为 和 区域; 其中, 区覆盖了中泥盆统中出露的全部铅锌矿床(点)。因此, 旬北地区应以 和 区域为寻找下志留系铅锌矿床的主攻区域。

参考文献:

- [1] Bonham-Carter G F, Agterberg F P. Weights of evidence: A new approach to mapping mineral potential, statistical applications in the earth sciences [M]. Canada: Geological Survey of Canada, 1990. 171-183.
- [2] 肖克炎, 张晓华, 王四龙. 矿产资源 GIS 评价系统[M]. 北京: 地质出版社, 2000.
- [3] 陈石美. 地理信息系统在金属矿产预测中的应用[J]. 地质找矿论丛, 1998, 13(1): 74-82.
- [4] 唐永成, 何义权, 王永敏, 等. GIS 应用于安徽东部地区金矿资源评价研究[M]. 北京: 地质出版社, 2000.

THE ARCVIEW EVIDENCE WEIGHT METHOD-BASED ORE PROSPECT PREDICTION: A CASE OF XUNBEI Pb, Zn ORE AREA, SHAANXI PROVINCE

LI Sui-min¹, YAO Shu-zhen², ZHOU Zong-gui², HAO Hua-jin³

(1. Shijiazhuang University of Economy, Shijiazhuang 050031, China;

2. Faculty of Earth Resources, China University of Geosciences, Wuhan 430074, China;

3. The third Geological Team of Hebei Geological Exploration Bureau, Zhangjiakou 075000, China)

Abstract: In recent years, stratabound Pb-Zn ore deposits have been found in the Silurian stratum of Xunyang County in Shaanxi province. Applying evidence weight method on the ArcView platform to analysis of ore-control factors, such as geochemistry, stratigraphy and fault and predicting prospect area of Pb-Zn ore deposits in Xunbei district we outlines 6 ore prospect targets.

Key Words: Xunyang basin; ArcView; weights of evidence