

文章编号:1673-9469(2011)04-0060-05

基于证据权重法的南岭钨锡矿床远景预测

许云¹,张宁²,王雨¹

(1. 河北工程大学 资源学院,河北 邯郸 056038;2. 中国煤炭地质总局 第一勘探局,河北 邯郸 056004)

摘要:通过分析南岭地区钨锡的成矿规律,提取有利成矿信息作为预测证据层,在MORPAS平台上利用证据权重法对该区成矿概率的分布进行了成矿远景区的预测,并圈定了4个成矿远景区,其中姑婆山岩体、金鸡岭岩体、大东山岩体3个远景区覆盖了几乎所有的已知钨锡矿床点,而连阳岩体远景区的钨锡矿床分布较少。预测结果对于该区的进一步找矿具有一定的指导意义,同时结果也表明证据权重法结合MORPAS系统用于成矿预测方法简单,结果可靠性较高;可以提高工作的效率和精确度。

关键词:MORPAS;证据权重法;成矿预测;锡钨矿床

中图分类号:P618

文献标识码:A

Evaluation and prediction of Tungsten and Tin deposit based on evidence weight method in Nangling area

XU Yun¹, ZHANG Ning², WANG Yu¹

(1. College of Natural Resource, Hebei University of Engineering, Hebei Handan 056038, China;

2. The First Exploration Bureau, CNACC, Hebei Handan 056004, China)

Abstract:Based on the comprehensive analysis of tungsten and tin mineralization in Nangling, the information favorable for ore formation were abstracted and constructed by the method of evidence weight in the system of MORPAS. We have predicted favorable areas according to the ore formation probability values. The prediction shows 4 metallogenic prospective areas. Most of the Tungsten and Tin deposits which have been proven were contained by the Guposhan pluton, Jinjiling pluton and Dadongshan pluton. Lianyang pluton has not yielded tungsten and tin deposits. The conclusion of prediction has some indication for further ore finding in this area. The research has shown that the evidence weight model on system of MORPAS is easy to realize and has reliable results and is helpful to increase efficiency and accuracy of mineralizing predication.

Key words:MORPAS; evidence weight method; Mineralization predication; Tungsten and Tin deposits

成矿预测实际上是对多种信息如何处理与综合的问题。怎样运用地质理论与信息技术在众多的数据中提取有利的成矿信息,采用合理的数学方法或模型对大量的数据进行处理,进而圈定成矿远景区,是当前地学界的研究热点。目前矿产资源预测与评价的工作很大程度上还是在GIS软件上进行,通过GIS上实现数据的管理、查询及分析,对多源信息以图层方式进行叠加分析,

但对于专门矿产资源预测的应用受到很大限制,没有具体的预测模型,不能很好地应用数学地质的方法,限制了预测工作的精度和科学性^[1-5]。

中国地质大学研发的MORPAS系统可以对多源信息进行提取、构置及综合,如地质异常场的提取、成矿异常场矿化异常场的提取等,通过对相关信息的融合可以快速的圈定靶区、进行资源量预测、评价分析等^[6]。

收稿日期:2011-09-02

基金项目:国家973项目(2001CB409806);广西教育厅科技项目(2001401) 特约专稿

作者简介:许云(1982-),女,河北石家庄人,助教,硕士研究生,从事成矿预测方面的研究。

我国南岭地区是世界上的钨锡成矿省,近年来南岭地区钨锡等金属矿产资源远景储量难以适应国民经济发展的需要,大部分矿山前景堪忧。本文以南岭地区的湘粤桂毗段,地理坐标:北纬 $24^{\circ}00' \sim 25^{\circ}20'$,东经 $110^{\circ} \sim 112^{\circ}$,总面积约 $32\ 000\text{ km}^2$ 为研究区域,以研究区1:20万地质矿产图、1:20万化探数据建立空间数据库,利用MORPAS系统的证据权重法对研究区进行钨锡矿床成矿远景预测。

1 证据权重法原理

证据权重法是基于Bayes统计分析模式的一种地学统计方法,由加拿大数学地质学家Agterberg提出,对与矿产成因有关的地学信息图层进行加权叠加,从而对矿产远景区进行成矿预测,其数学原理如下:

假设研究区等分为 T 个网格单元,其中 D 为含矿的网格单元, \bar{D} 为无矿单位网格,提取的每个变量看成独立的证据因子,对于任意一个证据因子,其对成矿贡献的权重定义为

$$W^+ = \ln\left(\frac{P(B/D)}{P(\bar{B}/D)}\right), W^- = \ln\left(\frac{P(\bar{B}/D)}{P(B/D)}\right)$$

式中 W^+ —证据因子存在区的权重值; W^- —证据因子不存在区的权重值,对于原始数据缺失区域,其权重值为0; B —证据因子存在区的单元数; \bar{B} —证据因子不存在区的单元数。

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。对于 N 个证据因子,若它们都满足矿点条件独立,则研究区任 K 单元为矿点的可能性,即后验几率以 Q 表示

$$\ln(Q) = B + \sum_{j=1}^n W_j^k \quad (j = 1, 2, 3, \dots, n)$$

$$\text{后验概率 } P \text{ 为 } P = Q / (1 + Q)$$

式中 B —基值,且 $B = \ln\left(\frac{D}{T-D}\right)$; W_j^k —第 j 个证据因子的权重。当 $W_j^k = W_j^+$ 时,证据因子 j 存在;当 $W_j^k = W_j^-$ 时,证据因子 j 不存在; $W_j^k = 0$ 表示数据缺失。

用 $C = W^+ - W^-$ 表示证据因子与矿床(点)出现的相关程度。根据后验概率值的大小来划分找矿远景区^[7]。

2 研究区控矿条件分析

本区内生金属矿产均与岩体的侵入时代及岩

石性质具有密切关系。区内大多数内生金属矿产的成矿母岩都为燕山期侵入体,主要岩性为灰白色、浅肉红色、肉红色中粒斑状黑云母二长花岗岩,中粒含斑黑云母二长花岗岩,该期岩体绝大多数都是矿化岩体,成矿专属性主要为钨、锡、铋、钼;铅、锌、铜为次,以及铌、钽等。

成矿作用受区内纬向构造的影响最为明显,如纬向构造隆起与经向降起,背斜的复合部位决定着大型岩体小岩群的侵入空间及矿田位置。区内主要的有色金属矿田和大中型矿床均位于主干断裂带的旁侧。这些主干断裂带就是区域性的导矿构造,其旁侧的多体系复合构造,即是矿田(床)的定位构造^[8]。

3 信息提取

运用GIS技术处理面状地质异常时为了更好地体现面状异常(如地层、岩浆岩等)与矿床分布的耦合关系,不能单纯地统计矿床(点)在某个面异常中出露的个数,应计算各个面异常的矿产当量 N 、单位矿产当量 K_N 和矿床出现率 F 。

$$N = N_1 \times K_1 + N_2 \times K_2 + N_3 \times K_3 + N_4 \times K_4 + N_5 \times K_5$$

式中 N_1 、 K_1 —大型矿床的个数和相应的权系数; N_2 、 K_2 —中型矿床的个数和相应的权系数; N_3 、 K_3 —小型矿床的个数和相应的权系数; N_4 、 K_4 —矿点的个数和相应的权系数; N_5 、 K_5 —矿化个数和相应的权系数;

单位矿产当量用 K_N 表示,用来表征成矿的强度, $K_N = N/S$ 。其中 S —面状异常出露面积, km^2 。

矿床出现率为 $F = N/N_{\text{sum}}$,其中 N_{sum} —面状异常中各个异常矿产当量 N 的总和^[9-13]。

根据矿床和矿床点与这些异常相交的结果,统计或计算出在这些异常中所见矿床(点)情况、各异常区的面积、矿产当量、单位矿产当量及矿床出现率。以往的计算根据区域内大、中、小型矿床与矿点储量之间的关系,即一个大型矿的储量约为一个中型矿的5倍;一个中型矿的储量约为一个小型矿的25倍;一个小型矿的储量约为一个矿点的5倍,在计算矿产当量时,取比例系数 $K_1 = 125$, $K_2 = 25$, $K_3 = 5$, $K_4 = 1$,这种基于储量设置的系数片面地夸大了大、中型矿床的指示作用,而弱化了小型矿床、矿点甚至矿化作用的指示作用。经过反复演算,本次计算采用的比例系数为 $K_1 = 40$, $K_2 = 20$, $K_3 = 10$, $K_4 = 5$, $K_5 = 1$, $N_{\text{sum}} = 732$ 。

表1 岩浆岩找矿有利度分析
Tab.1 Beneficial degree of strata with magmatic rocks

岩浆岩 期次	缓冲 半径 /km	大矿	中矿	小矿	矿点	矿化	异常 面积 /km ²	见矿异 常面积 /km ²	见矿 比例	矿产当 量/个	单位矿 产当量 /(个· km ⁻²)	矿床出 现率
燕山期	4	2	10	20	40	7	9 221.92	7 816	0.847	687	0.074	0.938
印支期	4	0	0	0	0	0	229.6	0	0	0	0	0
加里东期	4	0	1	3	0	2	2 246.3	474	0.211	52	0.023	0.071

3.1 岩浆岩找矿有利度分析

根据本区岩浆岩活动期次分为:加里东期、印支期、燕山期。在空间数据库内检索出三个期次的岩体,分别作缓冲半径为4 km的缓冲区分析,在作矿床(点)与岩体相交的分析,其结果如表1所示。从表1中可看出无论从见矿比例,矿产当量,单位矿产当量及矿床出现率来看,燕山期的岩体为最佳成矿岩体。图1为岩体缓冲区证据层,从图中可以看出绝大多数的大、中、小型钨锡矿床(点)均落在岩体的缓冲区中,可见这一区域的设置还是较为合理的。

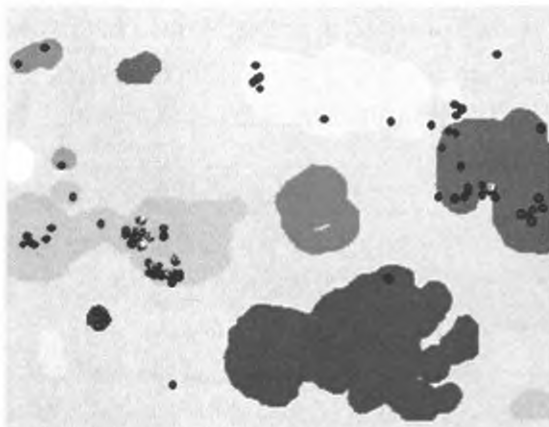


图1 岩体缓冲区证据层

Fig.1 Layer about beneficial belt of magmatic rocks

3.2 线型异常找矿有利度分析

在研究本区断裂与钨锡床(点)关系时,首先检索出所有与成矿作用有关的断裂及其边界断裂,然后作矿床及矿点与断裂的距离分析,得到矿床(点)到断裂距离的点文件,根据其属性统计矿床到断裂的距离,通过 MAPGIS 对断裂进行 Buffer 分析,确定最佳的断层影响带。由表2可以看出方位角为0°~45°和135°~180°的断层与方位角

45°~90°和90°~135°的断层相比,无论在缓冲半径、大中型矿床出现个数以及矿产当量方面都要有优势。虽然方位角为90°~135°的断层比方位角为0°~45°的断层的单位矿产当量、矿床出现率要大,但是其缓冲半径、见矿异常面积要比方位角为0°~45°的断层大的多。因此本区内方位角为0°~45°和135°~180°的断层为有利成矿断层。由图2有利的断层带证据层中可看出绝大部分矿床(点)分布在两个方向的断层缓冲区之中,并且在两组断层交汇处尤为集中^[8]。

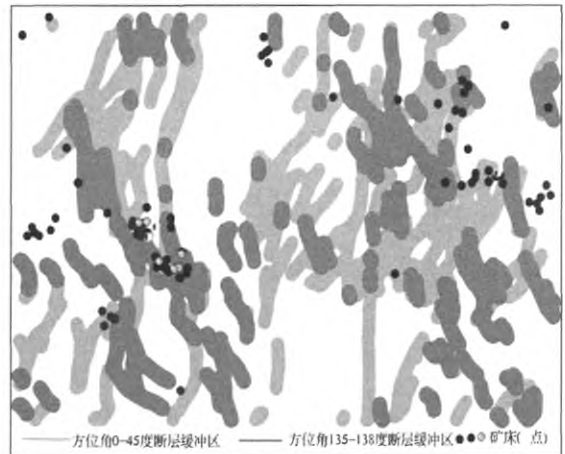


图2 有利的断层带证据层

Fig.2 Layer about beneficial belt of fault

3.3 化探异常找矿有利度分析

本预测区中,对元素作因子分析结果表明与钨锡矿预测关系较为密切的有钨、锡、铋,各元素按其异常下限不同分为三个不同的级别为内带,中带,外带。作矿床(点)与异常的分析,结果见表3。钨的内带和中带出现的矿产当量,单位矿产当量及矿床出现率都要比钨的外带大;锡的内带出现的矿产当量,单位矿产当量及矿床出现率都要比其中带大;铋的内带和中带出现的矿产当

表2 断层找矿有利度分析
Tab.2 Beneficial degree of buffer zone of fault

方位角	缓冲半径 /km	大矿	中矿	小矿	矿点	矿化	异常面积 /km ²	见矿异常面积 /km ²	见矿比例	矿产当量/个	单位矿产当量/(个·km ⁻²)	矿床出现率
0°~45°	2.7	1	5	11	21	2	8 240.8	6 524.08	0.79	357	0.043	0.488
45°~90°	11.7	0	8	19	37	4	19 851.6	19 454.6	0.98	539	0.027	0.736
90°~135°	6.5	1	7	12	22	2	8 771.3	6 859	0.78	412	0.047	0.563
135°~180°	3	2	6	5	18	3	5 826	2 788.4	0.48	343	0.059	0.469

表3 化探异常找矿有利度分析
Tab.3 Ore - finding beneficial degree of chemistry anomaly

异常	大矿	中矿	小矿	矿点	矿化	异常面积 /km ²	见矿异常面积 /km ²	见矿比例	矿产当量/个	单位矿产当量/(个·km ⁻²)	矿床出现率
钨的外带	0	1	6	8	1	3 112.32	1218.84	0.392	121	0.038	0.165
钨的中带	0	3	2	16	0	989.04	593.8	0.6	160	0.162	0.219
钨的内带	2	6	8	12	2	503.6	280.69	0.557	342	0.679	0.467
锡的外带	0	0	5	7	0	2 550.64	767.5	0.3	85	0.033	0.116
锡的中带	0	0	3	3	2	1 147.36	554	0.483	47	0.041	0.064
锡的内带	2	10	11	28	2	1 098.72	759.08	0.691	532	0.484	0.727
铋的外带	0	0	6	5	0	233.072	528.14	0.227	85	0.036	0.116
铋的中带	1	5	2	15	0	1241.6	413.9	0.333	235	0.189	0.321
铋的内带	1	5	8	11	3	949.77	380.38	0.4	278	0.293	0.380

量,单位矿产当量及矿床出现率都要比铋的外带大。因此化探异常中钨,铋的内带和中带及锡的内带为重要的证据层。

4 模型建立

将研究区划分为 2 km × 2 km 大小的 5 400 个单元的网格,在每个网格中提取证据因子,具体方法如下。

(1)对于所选的证据层进行二元模式识别,即存在证据层的区域取值为 1,反之为 0。

(2)将网格与处理好的证据层进行叠加分析,把证据因子的属性值存入到各网格中。

(3)将钨锡床点文件与网格文件作相交分析,网格中存在矿床点则取 1,不存在则取 0,并存入到网格属性中。

(4)直接将诸如断层、地层等文件与网格文件作相交分析,以便提取一些具有直观意义的证据因子,如断层条数、地层组合数等。

(5)分别计算各证据因子与成矿的相关度,预测证据权值并计算各个单元的成矿有利度。各证据因子权值见表 4。

5 预测结果及评价

圈定成矿远景区之前,首先确定整个预测评价范围内的临界值,后验概率值大于临界值的地区,即为预测的找矿远景区。根据该区内不同成矿单元的有利成矿后验概率值大小的不同及其分布,结合权重值的单元频数曲线求拐点的方法,确定成矿预测区证据权的临界值为 0.014,故后验概率值大于 0.014 的地区即为找矿远景区。

表4 各证据因子权值参数表
Tab. 4 Weight parameters of evidence factors

变量	岩浆岩有利区	地质体种类数	锡的内带	钨的内带	钨的中带	铋的内带	因子得分大于2	0°~45°断层有利区	135°~180°断层有利区
W^+	0.682	0.058	2.017	2.4	1.571	1.636	2.018	0.232	0.357
W^-	-1.951	-0.448	-1.252	-0.738	-0.661	-0.538	-0.964	-0.309	-0.292
C	2.633	0.506	3.269	3.137	2.178	2.174	2.981	0.542	0.649

图3为成矿预测图,图中黑色线条所包围的区域为成矿预测区。可以看出预测结果所圈出的4个成矿远景区包括金鸡岭岩体,大东山岩体,姑婆山岩体,花山岩体及连阳岩体。大部分已知的钨锡矿床点都在预测远景区之内,说明预测结果的准确度高;在预测图中连阳岩体中出现钨锡矿床点则较少。

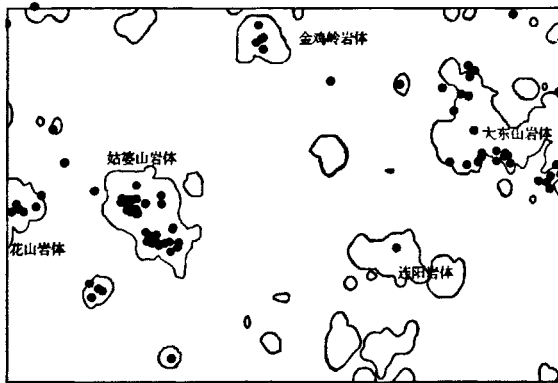


图3 成矿预测图

Fig. 3 Metallogenic prognosis map

6 结论

1) 采用证据权重法成矿预测模型预测圈出成矿远景区4个,分别为姑婆山花山成矿有利区、大东山成矿有利区、金鸡岭成矿有利区和连阳成矿有利区。4个区域均为有利成矿岩浆岩出露区域且所有已探明矿床(点)几乎都在预测区内。

2) 连阳成矿有利区在岩浆岩成分、区域构造、围岩等方面都对钨锡成矿有利,具有钨锡高异常值复合区域,具较高成矿概率值,及良好的钨锡找矿前景。

参考文献:

[1] 孙艳霞, 张达. 证据权重法在新矿床类型成矿预测中的应用[J]. 金属矿山, 2010(9): 79-83.

- [2] 贾三石, 杨义彪, 门业凯. 基于证据权重法的辽西钨多金属矿床评价预测[J]. 东北大学学报, 2010, 31(4): 572-575.
- [3] 李堃, 胡光道, 段其发. 基于MORPAS平台特征分析法的成矿远景区预测[J]. 地质科技情报, 2009, 28(4): 65-69.
- [4] 程祖锋, 余金. 邯郸市地下水对建筑基础的腐蚀性研究[J]. 河北工程大学学报: 自然科学版, 2011, 28(1): 14-18.
- [5] 尤扬, 刘钦甫, 蔡将军. 基于GIS和遥感的山西保德矿区土壤侵蚀研究[J]. 河北工程大学学报: 自然科学版, 2009, 26(1): 81-84.
- [6] 胡光道, 陈建国. 金属矿产资源评价分析系统设计[J]. 地质科技报, 1998, 17(1): 45-49.
- [7] 刘星, 胡光道. 应用MORPAS系统证据权重法进行多源信息成矿预测[J]. 地质与勘探, 2003, 39(4): 65-68.
- [8] 张宏良, 裴荣富, 熊成云, 等. 南岭地区有色稀有金属矿床的控矿条件、成矿机理、分布规律及成矿预测[M]. 武汉: 武汉地质学院出版社, 1987.
- [9] 胡光道. 陕西勉略宁地区成矿预测研究工作方法及思路[J]. 地球科学, 1999, 14(增刊): 29-34.
- [10] 苏红旗, 葛艳, 刘冬林, 等. 基于GIS的证据权重法矿产预测系统[J]. 地质与勘探, 1999, 35(1): 44-46.
- [11] 矫东风, 吕新彪, 胡光道, 等. 基于MORPAS平台的甘南PbZn矿床远景区预测[J]. 地质与勘探, 2005, 41(3): 65-69.
- [12] 黄海峰, 姚书振, 丁振举. 基于GIS的证据权重法在成矿预测中的应用[J]. 地质科技情报, 2003, 22(3): 77-82.
- [13] 曹瑜, 胡光道, 杨志峰, 等. 基于GIS成矿信息的综合[J]. 武汉大学学报: 信息科学版, 2003, 28(2): 167-173.

(责任编辑 马立)