

# 证据权法在三江北段铜金矿床成矿预测中的应用研究

徐善法<sup>1</sup>, 陈建平<sup>2</sup>, 叶继华<sup>3</sup>

(1. 中国地质科学院地球物理地球化学勘查研究所, 中国地质科学院应用地球化学开放实验室, 廊坊 065000;  
2. 中国地质大学, 北京 100031; 3. 江西师范大学计算机信息工程学院, 南昌 330027)

**[摘要]** 在仔细分析三江北段区域地质成矿背景的基础上, 建立了该区的地质、物探、化探、遥感和矿床(点)数据库, 优选了36个与铜金矿床有关的证据层。应用证据权模型对该区进行成矿预测研究分析, 认为研究区内主要存在8个对铜金矿床形成有利的成矿区, 这一研究对三江地区今后的矿产资源预测与评价具有重要的参考价值。

**[关键词]** 三江北段 证据权模型 成矿预测

**[中图分类号]** P628 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 0495-5331(2006)02-0054-06

成矿预测, 即成矿远景区预测, 是应用地质理论和科学, 综合地质、地球物理、地球化学和遥感地质等基础资料获得地质找矿信息, 总结成矿地质条件和矿床赋存规律, 建立矿床模型, 圈定不同级别的成矿远景区<sup>[1]</sup>。随着科学技术的发展以及现代社会对矿产资源需求的日益俱增, 成矿预测评价也由定性逐渐向定量方向发展。但是过去常用于矿产资源预测评价的一些数学模型, 如多元统计的数学模型等, 大多具有忽略预测评价所依据数据的空间关系的事实, 这种状况严重影响了矿产资源预测评价的效果。而地理信息系统(GIS)技术则可以根据数据的空间关系对其进行直接调用和操作, 研究表明, 应用GIS技术, 可以提高矿产资源预测的效率和缩短资源评价周期, 并能定量圈定各级有利成矿区段<sup>[2-8]</sup>。然而, 如何选择合适的预测评价模型, 使之与GIS便于操作分析空间数据的优点相结合, 仍然是资源预测评价领域专家需要进一步努力的方向<sup>[9]</sup>。证据权模型<sup>[10]</sup>是一种立足于数据的空间位置关系, 结合GIS技术对各种有利成矿因素(证据层)进行有效综合的数学预测评价模型。作者应用证据权模型对西南三江北段的铜金矿产资源进行预测, 取得了较好的效果。

## 1 证据权法简介

证据权法是加拿大数学地质学家 Agterberg (1990) 提出的基于二值图像的地质统计方法, 它采用一种统计分析模式, 通过对一些与矿产形成相关的地质信息的叠加复合分析来进行成矿远景区的预测。其中的每一种地质信息都被视为成矿远景区预测的一个证据因子, 而每一个证据因子对成矿预测的贡献则是由这个因子的权重值来确定的。

证据权法实质上已打破了传统规则网格的统计单元方法, 通过证据层叠加形成的独立条件单元是具有明确地质含义的地质对象<sup>①</sup>, 这些具有独立条件的地质单元由一系列不规则的大小不同的多边形组成, 具有相似组合条件的单元具有相似的地质含义。因此, 证据权法不只是一种统计方法, 而且提供了一种有效的划分地质单元的可操作的GIS方法。同时, 证据权法对这些单元进行定量的信息综合并计算每一单元内出现矿床的后验概率。

### 1.1 先验概率

先验概率是根据已知矿点分布, 计算各证据因子单位区域内的成矿概率。假设研究区总体面积被划分成为  $T$  个像元单位, 其中有  $D$  个矿点, 则随机选取一个像元单位是矿点的概率是:

$$P_{\text{先验}} = P(D) = D/T$$

**[收稿日期]** 2005-03-10; **[修订日期]** 2005-05-23; **[责任编辑]** 余大良。

**[基金项目]** 中国地质调查局地质调查项目(编号:200110200010)资助。

**① 成秋明, 许亚光. 数字化时代矿产资源预测与评价现状综述与发展分析. 矿产资源调查评价理论与方法技术论文集, 2001: 133-142.**

**[第一作者简介]** 徐善法(1963年-), 男, 2004年毕业于中国地质大学, 获博士学位, 教授级高工, 现主要从事应用地球化学和地球探测与信息处理工作。

先验几率(O)为:

$$O_{\text{先验}} = O(D) = \frac{P(D)}{1 - P(D)} = \frac{D}{1 - D}$$

对于任一个证据因子二值图像(图 1),

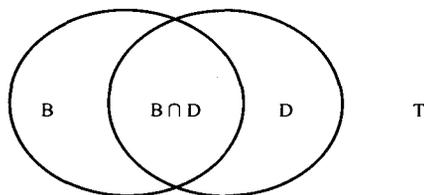


图 1 维恩图

其存在区的像元数为 B,不存在区的像元数为  $\bar{B} = T - B$ 。则已知矿点图与证据因子图的重叠部分有  $B \cap D, \bar{B} \cap D, B \cap \bar{D}, \bar{B} \cap \bar{D}$ ,其条件概率分别为:

$$\begin{aligned} P(D/B) &= B \cap D/B \\ P(D/\bar{B}) &= \bar{B} \cap D/\bar{B} \\ P(\bar{D}/B) &= B \cap \bar{D}/B \\ P(\bar{D}/\bar{B}) &= \bar{B} \cap \bar{D}/\bar{B} \end{aligned}$$

也就是说,证据因子的先验概率估算是计算证据因子存在区域中矿点像元、非矿点像元所占的百分比。

### 1.2 权重

对任一个证据因子二值图像权重定义为:

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

式中,  $W^+$ 、 $W^-$  分别为证据因子在存在区和不存在区的权重值,原始数据缺失区域的权重值取为 0。

用 C 表示证据层与矿床(点)证据层的相关程

度,C 定义为:

$$C = W^+ - W^-$$

### 1.3 后验概率

证据权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,后验几率对数为:

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

( $J = 1, 2, 3, \dots, n$ )

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

后验几率表示为:

$$O_{\text{后验}} = \exp \left\{ \ln(O_{\text{先验}}) + \sum_{j=1}^n W_j^k \right\}$$

则根据公式(1),后验概率为

$$P_{\text{后验}} = O_{\text{后验}} / (1 + O_{\text{后验}})$$

## 2 证据层的选择

根据对研究区各控矿因素的分析<sup>①</sup>后认为:本区的 Au、Ag、Cu、Pb、Zn 矿的主要控矿因素取决于:(1)有利地层岩性组合发育;(2)中基-中酸性岩浆岩脉群发育;(3)线性构造带发育;(4)有利地球化学异常;(5)有利地球物理异常;(6)其他因素。

根据该区主要控矿因素分析,并结合地质、地球物理、地球化学因素分析,提取了 51 种信息作为成矿有利信息(表 1)。分别从数据库中提取相应的证据层。用设置缓冲区的方法,将线状控矿标志转化为面状标志。

表 1 所选择的因子变量表

序号	因子	序号	因子	序号	因子	序号	因子
L1	Ag	L14	Pb	L27	三叠系	L40	岩体接触带
L2	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	L15	Sb	L28	二叠系	L41	白垩纪
L3	As	L16	Sn	L29	石炭系	L42	三叠纪
L4	Au	L17	Th	L30	泥盆系	L43	侏罗纪
L5	Cd	L18	Ti	L31	震旦系	L44	二叠纪
L6	Cu	L19	V	L32	其余地层	L45	其余岩体
L7	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	L20	W	L33	断裂等密度	L46	重力
L8	K <sub>2</sub> O	L21	Zn	L34	断裂交点数	L47	航磁
L9	La	L22	地层种类数	L35	断裂条数	L48	汇水盆地
L10	Mn	L23	地层组合熵	L36	北西-南东向断裂	L49	成矿势能
L11	Mo	L24	古第三系	L37	其他方向断裂	L50	地质复杂度
L12	Na <sub>2</sub> O	L25	侏罗系	L38	岩体种类数	L51	地质强度指数
L13	Nb	L26	白垩系	L39	岩体组合熵	L52	

① 中国地质大学. 西南三江北段成矿规律和找矿方向综合研究(科研报告), 2003.

### 3 模型的建立

证据权法的预测评价结果是一个成矿后验概率图,其值在0~1之间,后验概率值的大小对应着成矿概率的大小。

在确定整个预测评价范围内的临界值之后,图中后验概率大于临界值的地区即为预测的找矿远景区。证据权法应用的一个前提就是具备一定量的基础图件,并能够在成熟的成矿地质模型的指导下,从这些

基础图件中优选编制可应用于预测的各种辅助性图件。如前所述,研究区内各种地质、矿产、物探、化探及遥感数据库的建立为证据权法的应用提供了必备的数据基础;对研究区内各种有利证据层的分析为证据权法的应用提供了各种辅助性的数据。在此基础上,根据前面所建立的有利证据层的专题图件,首先分别计算各证据层的先验概率(表2),然后计算出与成矿的相关程度和预测评价证据权值(表3),并以此对研究区内各个单元进行成矿概率有利度的计算。

表2 证据因子的先验概率统计表

序号	证据因子	PV1	PV2	PV3	PV4	序号	证据因子	PV1	PV2	PV3	PV4
L1	Ag	0.018160	0.981840	0.007095	0.992905	L27	三叠系	0.010322	0.989678	0.005405	0.994595
L2	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.005813	0.994187	0.008296	0.991704	L28	二叠系	0.008306	0.991694	0.007914	0.992086
L3	As	0.008514	0.991486	0.007895	0.992105	L29	石炭系	0.005762	0.994238	0.008215	0.991785
L4	Au	0.017274	0.982726	0.007344	0.992656	L30	泥盆系	0.009641	0.990359	0.007901	0.992099
L5	Cd	0.011526	0.988474	0.007615	0.992385	L31	震旦系	0.006285	0.993715	0.008066	0.991934
L6	Cu	0.017337	0.982663	0.007580	0.992420	L32	其余地层	0.009128	0.990872	0.007750	0.992250
L7	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.008576	0.991424	0.007839	0.992161	L33	断裂等密度	0.008826	0.991174	0.007477	0.992523
L8	K <sub>2</sub> O	0.009591	0.990409	0.007836	0.992164	L34	断裂交点数	0.010638	0.989362	0.007935	0.992065
L9	La	0.011003	0.988997	0.007561	0.992439	L35	断裂条数	0.012507	0.987493	0.007252	0.992748
L10	Mn	0.009393	0.990607	0.007752	0.992248	L36	北西-南东向断裂	0.007704	0.992296	0.008105	0.991895
L11	Mo	0.005697	0.994303	0.008074	0.991926	L37	其他方向断裂	0.010149	0.989851	0.007511	0.992489
L12	Na <sub>2</sub> O	0.006856	0.993144	0.008160	0.991840	L38	岩体种类数	0.009718	0.990282	0.007248	0.992752
L13	Nb	0.009284	0.990716	0.007764	0.992236	L39	岩体组合熵	0.006685	0.993315	0.008089	0.991911
L14	Pb	0.019424	0.980576	0.007089	0.992911	L40	岩体接触带	0.011690	0.988310	0.006242	0.993758
L15	Sb	0.011741	0.988259	0.007766	0.992234	L41	白垩纪	0.006280	0.993720	0.008118	0.991882
L16	Sn	0.007822	0.992178	0.007952	0.992048	L42	三叠纪	0.013325	0.986675	0.007488	0.992512
L17	Th	0.007390	0.992610	0.008023	0.991977	L43	侏罗纪	0.010407	0.989593	0.007814	0.992186
L18	Ti	0.012170	0.987830	0.007399	0.992601	L44	二叠纪	0.010417	0.989583	0.007936	0.992064
L19	V	0.010350	0.989650	0.007629	0.992371	L45	其余岩体	0.007839	0.992161	0.007952	0.992048
L20	W	0.008119	0.991881	0.007944	0.992056	L46	重力	0.008883	0.991117	0.006078	0.993922
L21	Zn	0.025420	0.974580	0.006948	0.993052	L47	航磁	0.008782	0.991218	0.006301	0.993699
L22	地层种类数	0.010357	0.989643	0.007211	0.992789	L48	汇水盆地	0.006378	0.993622	0.008333	0.991667
L23	地层组合熵	0.009057	0.990943	0.006054	0.993946	L49	成矿势能	0.007727	0.992273	0.008733	0.991267
L24	古第三系地层	0.008907	0.991093	0.007889	0.992111	L50	地质复杂度	0.010730	0.989270	0.006841	0.993159
L25	侏罗系	0.006209	0.993791	0.008236	0.991764	L51	地质强度指数	0.008951	0.991049	0.005918	0.994082
L26	白垩系	0.001080	0.998920	0.008257	0.991743						

注:PV1:证据因子出现时,矿点出现的概率;PV2:证据因子出现时,矿点不出现的概率;PV3:证据因子没有出现时,矿点出现的概率;PV4:证据因子没有出现时,矿点不出现的概率。

根据以上分析结果显示,本区各证据层变量对铜金矿化指示作用的大小依次为:

Zn、Pb、Ag、Au、Cu、三叠系、岩体接触带、三叠纪、断裂条数、Ti、地质复杂度、Cd、Sb、地质强度指数、地层组合熵、重力、La、地层种类数、航磁、V、其他方向断裂、断裂交点数、岩体种类数、侏罗纪、二叠纪、K<sub>2</sub>O、泥盆系、Mn、Nb、断裂等密度、其余地层、古第三系、Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、As、二叠系、W、其余岩体、Sn、北西-南东向断裂、Th、成矿势能、Na<sub>2</sub>O、岩体组合熵、震旦系、白垩纪、汇水盆地、侏罗系、Mo、石炭系、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、白垩系。

从上表可知,除了所要预测的Cu、Au、Ag、Zn、Pb外,三叠系地层、岩体接触带、三叠系岩体和断裂频率的后验概率值是最大的,说明研究区地质因子综合作用的结果。因此根据不同类别分析,则按变量对铜金矿化指示作用的大小可分为:①地层:三叠系→地层组合熵→地层种类数(频率)→泥盆系→其余地层→古第三系→二叠系→震旦系→侏罗系→石炭系→白垩系;②断裂构造:断裂条数(频率)→其他方向断裂→断裂交点→断裂等密度→北西-南东向断裂;③岩体:岩体接触带→三叠纪→岩体种类数(频率)→侏罗纪→二叠纪→其余岩体→岩体组

合熵→白垩纪;④物探:重力异常→航磁异常;⑤化探:Zn→Pb→Ag→Au→Cu→Ti→Cd→Sb→La→V→K<sub>2</sub>O→Mn→Nb→Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>→As→W→Sn→Th→Na<sub>2</sub>O→Mo→Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>;⑥综合证据因子:地质复杂度→地质强度指数;⑦其他证据因子:成矿势能→汇水盆地。

表 3 三江地区北段主要证据层权值参数表

序号	证据因子	W <sup>+</sup>	W <sup>-</sup>	C	W <sup>+</sup> 方差	W <sup>-</sup> 方差	排序
21	Zn	1.1805	-0.1354	1.3159	0.0174	0.0036	1
14	Pb	0.9053	-0.1152	1.0205	0.0173	0.0036	2
1	Ag	0.8367	-0.1143	0.951	0.017	0.0036	3
4	Au	0.7859	-0.0795	0.8654	0.0226	0.0034	4
6	Cu	0.7896	-0.0477	0.8372	0.0363	0.0032	5
27	三叠系	0.2638	-0.3881	0.6519	0.0044	0.009	6
40	岩体接触带	0.3897	-0.2433	0.633	0.0064	0.0055	7
42	三叠纪	0.5223	-0.06	0.5823	0.0025	0.0034	8
35	断裂条数	0.458	-0.0922	0.5503	0.0143	0.0037	9
18	Ti	0.4304	-0.072	0.5025	0.0169	0.0036	10
50	地质复杂度	0.303	-0.1511	0.4541	0.0077	0.0048	11
5	Cd	0.3754	-0.043	0.4184	0.0241	0.0034	12
15	Sb	0.3941	-0.0233	0.4174	0.044	0.0032	13
51	地质强度指数	0.1199	-0.2969	0.4169	0.0037	0.0148	14
23	地层组合熵	0.1319	-0.2741	0.4059	0.0041	0.0105	15
46	重力	0.1123	-0.27	0.3823	0.0039	0.0116	16
9	La	0.3284	-0.0502	0.3786	0.0191	0.0035	17
22	地层种类数	0.2672	-0.0979	0.3652	0.0097	0.0042	18
47	航磁	0.1008	-0.2338	0.3345	0.004	0.0111	19
19	V	0.2666	-0.0412	0.3079	0.0194	0.0035	20
37	其他方向断裂	0.2468	-0.0569	0.3037	0.014	0.0037	21
34	断裂交点数	0.2944	-0.0015	0.2959	0.5054	0.003	22
38	岩体种类数	0.203	-0.0928	0.2957	0.0097	0.0043	23
43	侏罗纪	0.2722	-0.0171	0.2892	0.0439	0.0032	24
44	二叠纪	0.2731	-0.0014	0.2745	0.0505	0.003	25
8	K <sub>2</sub> O	0.1896	-0.0142	0.2038	0.0388	0.0032	26
30	泥盆系	0.1949	-0.0059	0.2008	0.0918	0.0031	27
10	Mn	0.1686	-0.0251	0.1937	0.021	0.0034	28
13	Nb	0.1569	-0.0235	0.1804	0.021	0.0034	29
33	断裂等密度	0.1058	-0.0615	0.1673	0.0076	0.0048	30
32	其余地层	0.1397	-0.0253	0.165	0.018	0.0035	31
24	古第三系	0.115	-0.0075	0.1224	0.0459	0.0032	32
7	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.0767	-0.0138	0.0905	0.0187	0.0035	33
3	As	0.0695	-0.0067	0.0762	0.0325	0.0033	34
28	二叠系	0.0445	-0.0042	0.0487	0.0336	0.0032	35
20	W	0.0216	-0.0004	0.0219	0.168	0.003	36

注:表中所示指证据权值 C > 0. 的证据因子。

进一步对计算结果进行分析可以得出以下几个基本认识:①三叠系、泥盆系与成矿较为密切,尤其是三叠系,可以认为白垩系是研究区内与成矿关系最不明显的地层;另外,地层组合熵与地层种类数(地层密度)与成矿显示出的较密切的关系说明相对激烈的地质运动有利于矿化;②对于岩浆岩而言,与成矿关系密切程度依次为:三叠纪、侏罗纪和二叠纪,而其他时代均表现出与成矿不明显的特征;岩体接触带与成矿关系表现出一种特殊的关系,说明研究区内成矿元素容易在接触带附近成矿;③在构造断裂的系列证据因子中,断裂条数(即断裂频率)与

成矿关系最高,北西-南东向断裂与成矿呈负相关关系,而其他方向断裂与成矿关系一般。由于研究区内大的控矿断裂皆位于北西-南东向,说明大的断裂往往可作为运矿、导矿的通道,而非贮矿的场所;④在地球化学异常证据层中,Zn、Pb、Ag、Au、Cu的证据值最大,代表中酸性侵入岩的元素比代表中基性火山岩的元素的证据权值大;⑤地球物理证据层中,航磁异常与重力异常与成矿关系均表现较好的关系;⑥在组合证据因子中,地质复杂度大于构造复杂度,且均与成矿显示出较好的相关性,说明地质作用的综合影响力是较大的;⑦在其他证据因子中,

成矿势能与汇水盆地与成矿关系呈负相关。

通过证据权值的大小排列以及对研究区内成矿地质条件的综合分析后认为:①本区最重要的成矿元素为 Zn、Pb、Ag、Au、Cu, 这些元素具有形成大型甚至特大型矿床的良好条件;②本区成矿主要在中新生代, 其中三叠系是主要的含矿地层;③北西-南东向断裂是本区的主要导矿构造, 而与北西向断裂相交的北东向断裂则可能是本区的主要成矿场所;④中新生代岩体中本区的主要成矿岩体, 而成矿往往在岩体的接触带上;⑤本区中代表中酸性侵入岩的元素比代表中基性火山岩的元素的证据权值大, 说明中酸性侵入岩对成矿的影响比中基性火山岩大;⑥本区成矿大多受地质、构造和岩浆岩体的共同作用。

最后, 经过对研究区内的地质、地球物理、地球化学等资料的分析, 并选择证据权值大于 0.02 的 36 个因子参与后验概率的计算以及条件独立性检验性的检验, 在显著性水平为 0.05 下, 在所预测的 36 个证据因子基本上满足条件独立性。

#### 4 预测结果与评价

以所建立的研究区内证据模型计算各个预测单元的成矿有利度(以成矿的后验概率值来代表), 研究区内成矿有利度范围为 0.0003~0.9597, 平均值为 0.0199, 标准差为 0.0657, 图 2 为研究区成矿的后验概率图。经过对研究区内成矿地质背景及有关资料的分析研究, 划分出八个主要的有利成矿区:①石渠-甘孜成矿区, 区内已发现矿产地 70 处, 其中, 大型矿床 1 个, 中型矿床 3 个, 小型矿床 8 个, 矿点 28 个, 其余为矿化点, 典型矿床为嘎拉特大型金矿床。②德格-白玉成矿区, 区内已发现矿产地 70 处, 其中, 特大型 1 处、大型矿床 2 个, 中型矿床 2 个, 小型矿床 10 个, 其余为矿点(矿化点), 典型矿床有嘎村特大型银铅锌矿和嘎依穷大型银铅锌矿床。③巴塘义敦成矿区, 本区已发现矿产地 97 处, 其中, 超大型 2 个(夏塞、砂西), 中型 5 个(措莫隆、连龙、亥隆、吕顶贡、热隆) 小型矿床 10 个, 其余为矿点、矿化点。典型矿床为夏塞、砂西两个特大型银铅锌矿床, 热隆大型银铅锌矿床等。④芒康-碧土成矿区, 本区已发现矿床、矿点、矿化点 59 处, 其中, 中型矿床 2 个, 小型矿床 2 个, 其余为矿点矿化点, 典型矿床为纳交系中型铅锌矿床和各贡弄中型银铅锌矿床。⑤江达-贡觉成矿区, 本区已发现矿产地 34 处, 其中, 大型 1 个(加多岭), 中型 1 个(丁钦弄), 其余为矿点、矿化点。矿种以银、铅、锌、铜为

主。典型矿床为加多岭大型银铅锌矿床和丁钦弄中型银铅锌矿床。⑥昌都-妥坝成矿区, 本区已发现大型矿床 4 处, 中型矿床 1 处, 典型矿床有玉龙特大型、纳日贡玛、多霞松多、马拉松多大型斑岩铜铅矿床。⑦类乌齐-左贡成矿区, 本区已发现大型矿床 5 处, 中小型矿床 5 个, 矿点 30 个, 所产出的矿床(点)主要有柯有弄、宾达乡赵发涌、接拉、国从格、打日通、雅各通、百堆拉垭口等。⑧八宿-察隅成矿区, 本区已发现的矿床已有 12 处, 只有古位乡的满总牛场达小型规模, 其余均为矿点或矿化点。

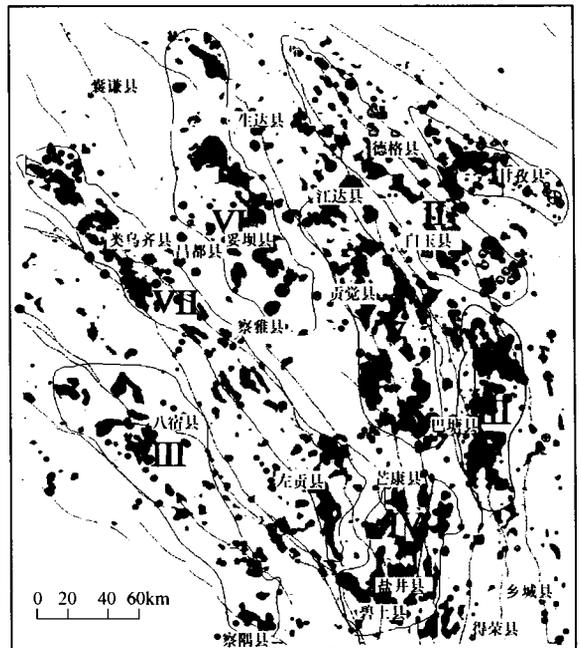


图 2 三江北段成矿后验概率及有利成矿区图

#### 5 讨论

证据权模型基于 GIS 技术, 它将离散事件的点模式与图层联系起来。研究表明, 在众多的矿产资源评价方法中, 只有证据权方法能将单元划分和统计计算进行紧密结合。三江北段铜金矿床成矿预测是证据权模型应用的一个尝试。通过研究得出如下结论:

1) 证据权法的一大优势是它的简便和对权通俗易懂的解释。

2) 通过对证据权值大小的排列以及对研究区内成矿地质条件的综合分析后认为:①本区最重要的成矿元素为 Zn、Pb、Ag、Au、Cu, 这些元素具有形成大型甚至特大型矿床的良好条件;②本区成矿主要在中新生代, 其中三叠系是主要的含矿地层;③北西-南东向断裂是本区的主要导矿构造, 而与北西向断裂相交的北东向断裂则可能是本区的主要成矿

场所;④中生代岩体中本区的主要成矿岩体,而成矿往往在岩体的接触带上;⑤本区中代表中酸性侵入岩的元素比代表中基性火山岩的元素的证据权值大,说明中酸性侵入岩对成矿的影响比中基性火山岩大;⑥本区成矿大多受地质、构造和岩浆岩体的共同作用。

3) 由规则网格向地质单元的转变是矿产资源评价思路和方法划时代的进步,这不仅使矿产资源评价模型建立以及综合变量的选择更具地质意义,而且评价成果也便于地质人员接受。

4) GIS 可以有效的对多来源、多尺度的不同信息进行快速、有效的优化综合;并把预测结果以定量的方式表示出来,有效促进了矿产预测从定性向定量发展。

#### [参考文献]

- [1] 肖克炎,张晓华,陈郑辉,等. 成矿预测中证据权重法与信息量法及其比较[J]. 物探化探计算技术,1999,21(3):223~226.
- [2] 向运川,任天祥,杨竹溪. 开发利用地理信息系统(GIS)综合分析地学信息进行矿产预测[J]. 物探与化探,1996,20(1):1~13.
- [3] 池顺都,赵鹏大. 应用 GIS 圈定找矿可行地段和有利地段[J]. 地球科学,1998,23(2):125~128.
- [4] 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——以澜沧江南段地区为例[J]. 地质与勘探,2003,39(4):44~68.
- [5] 苏红旗,葛艳,刘冬林,等. 基于 GIS 的证据权重法矿产成矿预测系统(EWM)[J]. 地质与勘探,1999,35(1):44~46.
- [6] 曹瑜,胡光道. 圈定“5P”找矿地段的 GIS 成矿预测空间模型及其应用[J]. 地球科学,1999,24(4):409~412.
- [7] Boham - Carter G F, Agterberg F P and Wright D F. Weights of evidence modeling: a new approach to mapping mineral potential [A], in F. P. Agterberg and G. F. Bonham - Carter (Eds.), Statistical Applications in the Earth Science[C]: Geol. Surv. Of Canada,1990
- [8] Raper J F. and D Maguire J. Design models and functionality in GIS[J]. Computers & Geosciences, 1992, 18(4):387~394.
- [9] 张晓军,张均,秦举礼,等. 川西北金矿的证据权模型及其预测应用[J]. 高校地质学报,2000,6(4):554~560.
- [10] Agterberg F P, Bonham - Carter G F, Cheng Q M, et al. Weights of evidence modeling and weighted logistic regression for mineral potential mapping[A], in Davis, J. C., and Herzfeld, U. C., Computers in Geology - 25 Years of Progress: Oxford Univ. Press[C], New York, 1993. 13~32.

## APPLICATION OF EVIDENCE WEIGHT METHOD IN THE COPPER - GOLD MINERAL RESOURCES PREDICTION IN THE NORTH SECTION OF THE SANJIANG REGION

XU Shan - fa<sup>1</sup>, CHEN Jian - ping<sup>2</sup>, YE Ji - hua<sup>3</sup>

(1. Applied Geochemistry Center, Institute of Geophysical and Geochemical Exploration, Chinese Academy of Geological Sciences, Langfang 065000; 2. China University of Geosciences, Beijing 100083; 3. Computer Information Engineering College, Jiangxi Normal University, Nanchang 330027)

**Abstract:** Based on the comprehensive analysis of features of the copper - gold regional geological background in the north section of the Jinshajiang - Lancangjiang - Nujiang region, six database, like geology, geography base - map, geophysics, geochemistry, remote - sensing and ore deposits databases, have been created. According to analysis of ore - controlling factors in the region, 36 ore - producing evidence layers related with copper and gold deposits are selected. Using the evidence weight model, the features of copper - gold mineralization in this region is analyzed, eight main copper - gold advantaged mineralization zones are indicated. The results are of great reference value for mineral resources prediction and evaluation.

**Key words:** north section of the Jinshajiang - Lancangjiang - Nujiang region, evidence weight model, mineral resources prediction