

评价结果表明,区内已查明性质的异常归类是正确的,说明该方法具有一定的可靠性,例中尽管采用简单的方法确定隶属函数,Fuzzy模型也比较粗糙,但评价结果却是合理的。对测量精度高的数据,应把模型搞得细致些,还可以对Fuzzy集及识别变换进行加权处理。

Fuzzy模型识别在异常评价中的应用是一个新领域,很多问题有待深入研究和解决。但该方法具可塑性,对不同情况可采取不同的隶属函数,方法较灵活,

计算简单,容易检验,只要深入研究,相信在物化探异常评价中会取得较好的效果。

本例计算是在DJS—21机上用《Fuzzy模型识别计算程序》完成,也用T1—59袖珍机做过计算。

主要参考文献

- [1] 於崇文:《数学地质的方法与应用》,北京,冶金工业出版社,1978年
[2] 贺仲雄:《模糊数学及其应用》,天津科学技术出版社,1982年

铜山岭多金属矿田表生元素地球化学特征及其找矿效果

吴 守 福

(湖南有色金属地质勘探公司206队)

地 质 概 况

矿田位于南岭纬向构造带中段北缘,矿区在大源岭背斜西翼,褶皱轴呈南北走向。地层主要为石炭系和泥盆系的碳酸盐岩及部分碎屑岩。区内构造以断裂为主,新华夏体系北北东向断裂为本区的导矿构造。岩浆岩以花岗闪长岩为主,并有晚期花岗斑岩、石英斑岩及煌斑岩脉。矿床以铜、铅、锌为主,次为黄铁矿,并伴生银、镉、铋等多种组分。矿床类型有接触夕卡岩型、层间夕卡岩型、石英硫化物脉型、接触黄铁矿型、破碎带脉状及白云岩中的铅锌矿等。矿体多

以半隐伏状态产出,地表有程度不同的原生和次生异常显示,为化探次生晕找矿提供了前提。

表生地球化学特征

(一) 成矿成晕元素的富集层位与粒度

已知异常地段不同深度及不同粒级的采样试验表明,金属元素主要富集在B层,取样以深度为40厘米、粒度在120目效果最佳。

(二) 几种成晕元素的特征值(表1)

几 种 特 征 值

表 1

元 素	样品数	背景值 (ppm)	标 准 离 差	异常下限 (ppm)	异常平均值 (ppm)	峰 值 (ppm)	异常频数 (%)	浓集 系数
Cu	20224	11.8	5	29.8	71.9	5000	5.9	4.8
Pb	20257	25.3	8	49.3	222	10000	13.4	8.7
As	20228	21.2	6.9	44.9	185	6500	14.4	7.6
Sb	20243	4.3	1.7	9.4	20.2	500	26.5	4.7
W	20272	13.2	4.6	27.0	227	3500	5.3	17.2

由表1可知,矿区内Pb的背景值、标准离差和异常峰值都是最高的,其异常平均值和浓集系数仅次于W;Sb的异常频率最大,W和Cu异常频率最小,说明Sb分布范围大而分散,W、Cu分布范围小而集中,常形成具有找矿价值的异常;Pb的分布范围比

Sb小,但形成的异常浓集中心突出,规律性好,是区内找矿评价的主要指示元素;As在找矿中的指示作用不及Pb明显。

(三) 异常发育规模

土壤中次生晕的规模 $Sb > As > Pb > Cu > W$,

各元素的迁移距离与其晕的分布范围相对应。和络合物的形式作较远距离的迁移，W则以机械分散为主，运移距离较近。

在水中，Pb，As运移距离达16km以上，呈连续带状分布，Pb异常范围大于As；Cu，Sb异常断续延长11~13km；W的运移距离断续延长6 km。以上5个元素运移距离 Pb>As>Cu>Sb>W。由此可以看出，Pb，As，Cu，Sb在土壤和水中主要以易溶盐

(四) 元素对相关系数

区内选择10处异常，各取30个数据，进行元素相关性分析，其结果见表2。

元 素 相 关 系 数 一 览 表 表 2

异常号	Cu Pb	Cu Ag	Cu Sb	Cu As	Cu W	Pb Ag	Pb Sb	Pb As	Pb W	Ag Sb	Ag As	Ag W	Sb As	Sb W	As W
1	0.67	0.38	0.29	0.16	0.43	0.13	0.35	0.18	0.41	-0.10	-0.10	0.03	0.63	0.56	0.16
3	0.58	0.68	0.06	0.61	0.13	0.57	0.36	0.54	0.66	0.27	0.52	0.36	0.40	0.58	0.34
2	0.28	-0.02	-0.08	0.56	0.02	0.17	0.58	0.63	0.37	0.29	-0.09	0.13	0.39	0.58	0.21
12	0.60	0.53	0.67	0.32		0.81	0.81	0.17		0.88	0.39		0.26		
6	0.51	0.55	0.20	0.39		0.72	0.75	0.47		0.39	0.70		0.40		
7	0.57	0.33	0.31	0.14	0.06	0.33	0.53	0.60	-0.3	0.30	-0.10	-0.05	0.22	-0.08	-0.23
8	0.61	0.68	0.46	0.26	0.31	0.88	0.38	0.14	0.40	0.48	0.06	0.37	0.55	0.12	0.01
9	-0.18	-0.12	-0.17	0.21		0.46	0.65	0.32		0.81	0.19		0.44		
13	0.23	0.22	0.06	0.06	0.28	0.30	0.34	0.24	0.04	0.16	0.17	0.07	0.88	0.37	0.37
15	0.28	0.38	0.71	0.51	0.01	0.45	0.63	0.73	0.30	0.57	0.62	0.23	0.81	0.11	0.31

通过相关检验，在5 %信度下所需相关系数的最低值为0.35。以此为准，Pb与Sb有9处相关系数>0.35，最高为0.81，其余一处接近0.35，Sb与As有8处相关系数>0.35，最高为0.88。这表明在表生条件下Sb与Pb，As关系较为密切；其次是Pb—Ag，Pb—Cu，Cu—Ag之间的相关程度也较高；而W—Cu，W—Ag，W—As除个别地段外，相关系数都比较低，说明在表生条件下这些元素是分离的。

(五) 不同岩性的次生变化规律 (表 3)

原生晕和次生晕含量对比 表 3

岩 性	方 法	样品数	元 素 平 均 值 (ppm) 及 比 值						
			Cu	Pb	W	Sb	As	Ag	Mo
正常灰岩	次生晕 (A)	176	20	35	19.5	5	31	0.66	8.4
	原生晕 (B)	176	20	35	10	4.4	22	0.5	5.7
	A / B		1.0	1.0	1.9	1.3	1.4	1.3	1.4
异常灰岩	次生晕 (A)	176	90	460	40	57	91	1.6	9
	原生晕 (B)	176	20	66	10	13	23	0.6	6
	A / B		4.5	7.0	4.0	4.4	4.0	2.6	1.5
蚀变岩体	次生晕 (A)	58	77	129	10	10	863	0.1	2
	原生晕 (B)	58	94	237	20	19	995	0.77	3.8
	A / B		0.82	0.54	0.50	0.52	0.86	0.13	0.52

由表3看出，灰岩钙质环境，属地势较低的凹地景观，其潜水面接近光照面，在次生变化中，金属元素以淀积为主，在成熟度较高的粘土中形成次生富集。岩体的硅质环境，属高山残积景观，潜水面低于光照面，在次生变化中，金属元素以淋溶为主，在砂质土中表现为次生贫化。

掌握上述富集与贫化规律,对于评价内外接触带的次生晕异常是极为重要的。例如,在岩体范围内,由于次生贫化作用,次生晕资料所圈定的是大片强度低缓而又不规则的异常,难以评价。但通过原生晕工作,圈定了一个北东向具有一定规模的原生富集带,为岩体的含矿性评价指出了方向。因此,用次生晕评

价该区岩体的含矿性,必须了解其次生变化规律。

(六) 元素组合分带特征

表生元素分带与原生元素分带是一致的。以西部岩体为中心向外,在水平方向上大致可划分5个不同的元素组合带,矿化系列为:W—As, Mo—Cu, Pb, Zn—Pb, Zn—Sb(表4)。

元素水平分带特征

表4

分带	元素组合	特征元素	围岩	矿化特征
内带	W, As, Mo, Cu	W	粗粒花岗闪长岩	钨贫矿体或矿化
内中带	As, Mo, Cu, W, Pb, Zn	As, Mo	细中粒花岗闪长岩	钼贫矿体或矿化
中带	Cu, Pb, Zn, W, As, Bi, Mo, Sb, Ag, Cd	Cu, Pb, Zn	灰岩、泥质灰岩	铜铅锌矿体
中外带	Pb, Zn, As, Sb, Ag, Cd	Pb, Zn	灰岩、白云岩	铅锌矿体
外带	Sb, As, Pb	Sb	泥灰岩、灰岩	锑小矿体或矿化

上述5个带中,内带以钨的贫矿体出现;内中带以钼的贫矿体出现;中带矿化最强,元素组合复杂,在矿田的东北部几种不同类型的铜、铅、锌矿床都产在其中;中外带也赋存具有一定工业意义的铅、锌矿体;外带元素组合简单,一般仅赋存小的锑矿体。

(七) 异常分布特征及与矿种的关系

1.异常分布特征:以岩体为中心,约在100km²范围内,用Cu, Pb, W三个主要指示元素圈定15处次生晕异常,划分为4个异常区(图1)。

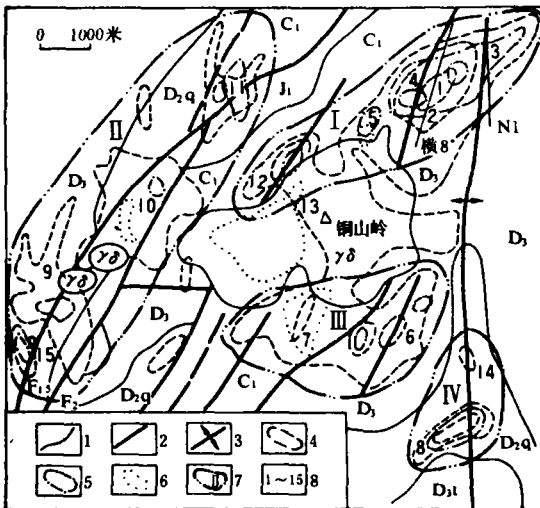


图1 铜山岭矿田次生晕异常分布图

J₁—侏罗系下统; C₁—石炭系下统; D₁—泥盆系上统;
D₂q—泥盆系中统; D₃t—泥盆系中统; γδ—花岗闪长岩;
1—地质界线; 2—断层; 3—背斜轴; 4—铅异常; 5—铜异常; 6—钨异常; 7—异常区范围及编号; 8—异常编号

I号异常区:由1、2、3、4、5、12号异常组成,位于岩体前缘部位,主要受北东向断裂构造控制。元素组合为Cu, Pb, Sb, As, W,异常平均值及峰值都高,异常中心明显,连续性好,规律性强。异常带走向北东,长>7000m,5种类型的矿床在该区均有分布。

II号异常区:由9、10、11、15号异常组成,空间分布与小岩体关系密切,主要受F₂和F₁控制。元素组合以Pb, Sb为主, As, Cu, W次之,异常平均值和峰值都不高,异常中心不明显,形态不规则,连续性也差。异常带走向北北东,长约7000余米,地表见到硫化物细脉矿化。

III号异常区:由6、7号异常组成,位于岩体南部接触带附近。元素组合以Pb, Sb, As, W为主,异常平均值和峰值都较低,异常中心不明显,形态不规则,连续性差。异常带走向近东西,延长约4000m。地表见到少量硫化物微脉矿化。

IV号异常区:由8、14号异常组成,主要受大源岭背斜和棋梓桥组白云岩控制。元素组合以Pb, Sb, Cu为主, As有显示。Pb的峰值及平均值较高,其他元素都不高。异常形态规则, Pb, Sb, Cu异常基本吻合,异常走向北东东。延长约2500m。8号异常地表见含Pb, Zn较高的锰帽。

2.异常分布模式:次生晕异常的强度、形态和规模与矿体埋深和所处的地形地貌有关。例如,位于接触带上埋藏较深的矿体,地表为负地形,所形成的次

生晕异常强度低,范围窄,在剖面上表现为单峰。破碎带中的石英硫化物矿体埋深较浅,地形平缓,次生异常中心往往位于矿体上方,其强度高,范围宽,在剖面上显示为多峰。外接触带上的层状夕卡岩矿体因受地层岩性控制,次生异常中心多位于矿体的前缘部位,强度高,范围较宽,剖面形态为单峰(图2)。

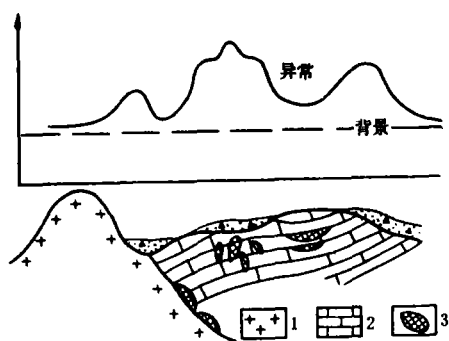


图2 次生异常形成模式示意图

1—岩体; 2—灰岩; 3—矿体

次生晕的找矿指标及应用效果

(一) 找矿指标

1. Cu、Pb、Ag形成的次生晕组合异常:当其强度高($\text{Cu} > 1000 \text{ ppm}$, $\text{Pb} > 2000 \sim 5000 \text{ ppm}$, $\text{Ag} > 5 \text{ ppm}$),连续性好,中心突出,并具有一定的规模,且三元素的异常形态基本吻合时,指示深部有工业矿体,其异常位于矿体上方或前缘(图3、4)

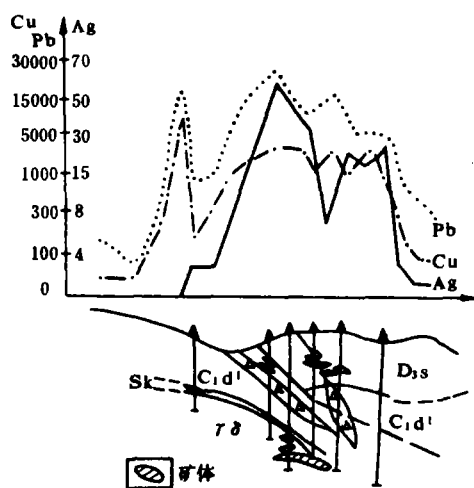


图3 1号异常横8剖面

D_3s —余田桥组; C_1d' —石磴子段; $\gamma\delta$ —花岗闪长岩; Sk—夕卡岩

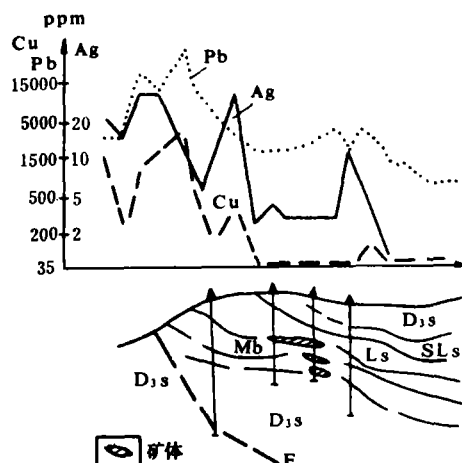


图4 3号异常N1剖面

D_3s —余田桥组; Ls—灰岩; SLs—硅化灰岩; Mb—大理岩; F—断层

2. 不同的元素组合指示不同的矿化类型:以W, As, Mo为主的组合异常指示内接触带或近接触带的钨、砷、钼矿化;以Cu, Pb, Zn为主的组合异常指示夕卡岩和石英硫化物型的铜、铅、锌矿体或矿化;以Pb, Zn为主的组合异常指示破碎带和白云岩中的铅、锌矿体或矿化。

3. 单一元素的指示作用: Cu异常为铜、铅、锌矿的近矿指示,可以圈定其富集地段,晕的发育程度与矿体规模有正相关关系; W异常主要指示夕卡岩的分布范围; Pb与Ag既是近矿指示元素,又是远程指示元素; Sb是远程指示元素, Sb异常还可指示远离接触带梯的矿化范围; As的找矿指示作用不如以上元素明显,但可大致圈定岩体中的金属矿化范围。

(二) 找矿效果

在次生晕扫面的基础上,在各区段圈定出矿化范围数十处,为地质选点评价和物化探进一步工作提供了依据。

I号异常区:经钻探验证为一个较好的铜、铅、锌矿床,其伴生组分银,镉,铋具有重要的工业意义。沿其北东方向低缓次生异常的找矿评价工作,近来还有新的进展。

II号异常区:评价验证了9、10、11和15号异常,在各异常深部都见到了厚度较小的矿体。其中15号异常还在地表圈定了两个含矿丰度较高的小岩体,对11和15号两个异常的找矿问题有新的认识,特别是15号异常小岩体含矿性评价值得重视。(下转第28页)

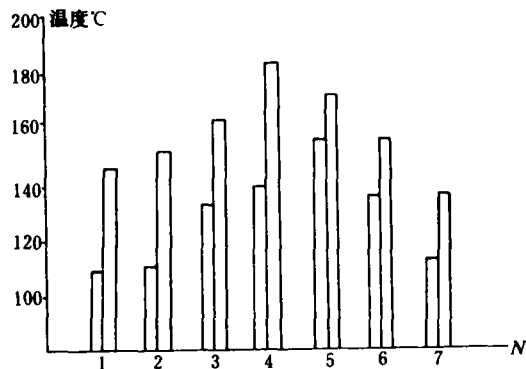


图4 辰砂均一温度分布图

3. 成矿溶液性质

辰砂及方解石中包裹体的物质成分分析结果表明,辰砂中含有少—中量的液态包裹体,偶见气液包裹体。包裹体粒径多为 $1\sim 3\mu$,少数达 $5\sim 10\mu$,呈线状、带状群体分布,属原生包裹体。液态包裹体由盐度溶液组成,气液包裹体由 $95\sim 99\%$ 的盐度溶液和 $1\sim 5\%$ 水蒸气组成;方解石中也含有少量的液态包裹体和气液包裹体,其液态包裹体的成分与辰砂的液态包裹体相同,唯气液包裹体是由中浓度盐水溶液($93\sim 99\%$)和水蒸气($1\sim 7\%$)组成。在个别样品中见到少数含固相子矿物的气液包裹体。固相子矿物呈立方体,均质,折光率接近石英,为NaCl结晶。包裹体也是由盐度溶液($89\sim 99\%$)、子矿物

($0.5\sim 6\%$)和水蒸气($1\sim 5\%$)所组成。

根据对辰砂及方解石包裹体成分的研究结果,认为本区汞矿的成矿溶液是一种含盐度较高的渗流热卤水。这种溶液从矿源层中溢流出来,沿着有利的构造部位——断裂、褶皱、裂隙、层理、多孔层、孔洞、节理、溶液塌陷或构造角砾等活动时,由于物理、化学条件的变化结晶沉淀下来。地质观察表明,辰砂产于背斜近轴部的构造高位点及裂隙中,矿体产出部位比较浅,成矿压力小,加之矿石又具典型的角砾状、晶洞状构造,因此,可以认为辰砂是在浅成条件下形成的。

综上所述,笔者认为白地坪汞矿是在浅成条件下,从高盐度的热卤水中结晶成矿的。成矿物质来源于天河板组、石龙洞组和高台组。

本文敬请武汉地质学院王文魁副教授及本队刘德中副总工程师审阅,并提出了宝贵的修改意见,省地质局实验室提供了测试数据,特此表示感谢。

参考文献

- [1] 汞矿地质与普查勘探编写组编:汞矿地质与普查勘探,北京,地质出版社,1978年
- [2] 南京大学地质系岩矿教研室编著:结晶学与矿物学,北京,地质出版社,1978年
- [3] 汪正然、陈武编:矿物学,上海,上海科学技术出版社,1965年

(上接第59页)

Ⅲ号异常区:验证了6号和7号异常,在7号异常的深部找到了以钼为主的贫矿体。

Ⅳ号异常区:除发现8号异常地段含Pb、Zn高的(Pb+Zn达 8.27%)锰帽外,在14号异常地段棋梓桥组底部的白云岩中找到了埋藏较深的铅锌工业矿体。

位于花岗闪长岩体上的一个规模较大的Pb、W、Sb、As综合低缓次生异常(13号),73年开展了系统的原生晕工作,在岩体北部圈定了一个走向东北,长约3500米,宽约400米的多元素组合原生富集带,为岩体的含矿性评价提供了新的信息。

通过对矿田化探原、次生晕资料的综合整理、归纳和验证表明,区内主要的成矿元素有S、Fe、Cu、Zn、As、Sb、W、Mo等。伴生元素有Ag、Bi、Cd、Se、Te、In、Tl等。金属元素的分布与岩体有内在联系,还明显受北东向断裂构造控制,锡矿山组底部的泥质灰岩是成矿的良好盖层,棋梓桥组底部的白云岩是有利的储矿围岩,金属元素富集成矿的有利地段是在岩体的北东向前缘。

本文曾得到我队黄启康工程师,桂林地院黄意信老师和北大刘本立老师的指导与帮助,在此一并致谢。