

# 矿区化探异常评价中若干问题的探讨

朱炳球 徐外生

异常评价,是化探工作的重要研究课题。矿区化探详查的主要内容是:从大量化探异常中很快地筛选出有经济意义的异常,分辨矿与分散矿化,分辨矿化类型和判断矿体剥蚀程度等。本文就个人的一些体会作一简介。

## 区分矿与分散矿化

区分有经济价值的矿化与分散矿化是比较困难的,因为有经济价值的矿床是按目前的选冶技术水平和国民经济需要确定的,它与分散矿化之间并无长期不变的界限。现在认为是分散矿化,随着选冶技术水平的提高,将来可能成为有经济价值的矿床。尽管如此,仍有些方法可用来区分矿与分散矿化<sup>[3]</sup>。根据实践中的尝试,提出如下几种方法。

### (一) 利用垂直分带性

大量矿区原生晕的研究资料表明,所有已知多金属矿床都伴有多种元素的原生晕,晕的结构有明显的垂直分带性。与矿有关的一组元素,在矿带附近含量明显增加,且异常范围加宽,加大,远矿地段异常变小,异常值降低。分散矿化则往往不具有这种垂直分带性,元素没有明显的分异现象,含量变化幅度比较小。图1示出了铜山矿区一个分散矿化的实例,Cu含量分布曲线在钻孔下部略有升高,镜下观察证明是由闪长岩脉所引起。

### (二) 应用累乘指数(或累加指数)

苏联学者A·A·别乌斯和C·B·格里戈良介绍了用累乘指数或累加指数评价深部含矿性的方法<sup>[1]</sup>。我们在多宝山矿区进行了尝试,判别了一个分散矿化异常。具体做法是:首先利用多宝山、铜山已知矿段钻孔原生晕资料,确定矿上和矿下两组元素,然后计算这两组元素含量乘积之比(即累乘指数),分别求得已知见矿剖面中矿上、矿体中和矿下不同部位的累乘指数。用同

样的方法计算需要评价异常的累乘指数。表1列

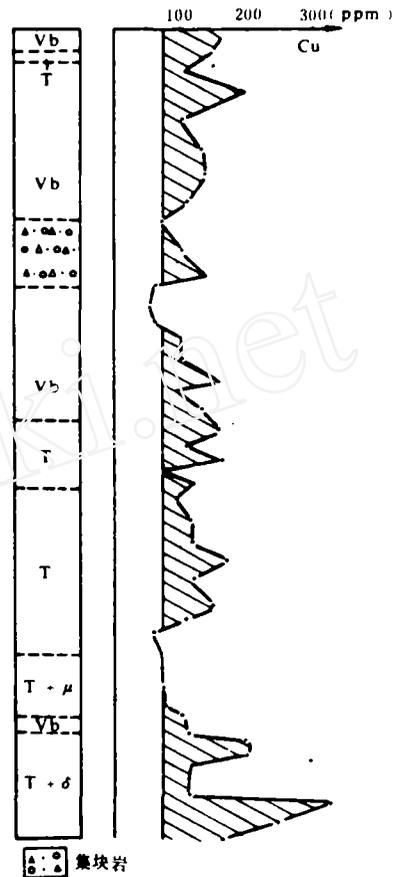


图1 铜山ZK755孔铜含量分布曲线

(据黑龙江地质四队资料缩编)

Vb—角砾岩; T—集块岩; μ—玢岩; δ—闪长岩

出了多宝山累乘指数计算的结果。由表可见,已知矿段90线、1080线矿上、矿体中和矿下累乘指数有明显差异。矿上部位累乘指数最大(100~250),矿下为 $n \cdot 10$ 。待评价的铜山化探异常累乘指数值,相当于已知矿段矿下部位的累乘指数。苏联学者曾指出,分散矿化的累乘指数(或累加指数)与有经济价值矿体已剥蚀到尾部的累乘指数值大致相当(表2)。为此,我们推断这一化探异常属于分散矿化所引起,经钻探验

证，深部未见工业矿化。

不同部位的累乘指数

表 1

位 置	多 宝 山 90 线		铜 山 1080 线		待 评 价 异 常	
	钻孔 (样品数)	$\frac{Pb \cdot Zn}{Cu \cdot Ag}$	钻孔 (样品数)	$\frac{Pb \cdot Zn}{Cu \cdot Ag}$	钻孔 (样品数)	$\frac{Pb \cdot Zn}{Cu \cdot Ag}$
矿上围岩	Z K520 (62)	116	Z K721 (10)	211	Z K753 浅孔 (22)	38
	Z K521 (28)	173			Z K750 浅孔 (22)	51
	Z K522 (20)	15	Z K728 (9)	118	地表剖面 (22)	69
	Z K523 (21)	131				
矿 体 内	Z K521 (31)	1.6	Z K701 (6)	3.7		
	Z K522 (16)	1.6	Z K721 (9)	1.5		
	Z K523 (16)	3.5	Z K730 (7)	2.7		
矿下围岩	Z K523 (22)	12	Z K701 (5)	50		
	Z K520 (20)	16	Z K728 (3)	66		

分散矿化与工业矿化尾部的累加指数\*

表 2

异常类型	地 点	异常位置	累加指数 $\frac{Ba \cdot Ag \cdot Pb}{Cu \cdot Bi \cdot Co}$
分散矿化带	科克切吉尔特克	地表	1.2
		873孔 (1100米)	1.3
	奥彼里亚尤沙雅	873孔 (1330米)	0.9
		地表	1.7
		885孔 (1350米)	2.2
工业矿化尾部的原生晕	卡普塔尔杭矿床	地表	1.1
	卡尼曼苏尔矿床	659孔	1.1
	塔雷埃坎矿床	79孔	0.81

\* 据别乌斯和格里戈良<sup>[1]</sup>, 1975

### (三) 异常特征不同

有经济价值的矿化引起的地球化学异常，其特征一般是：异常具多元素组份，异常面积有一定规模，组份分带较明显，异常强度较高，浓集中心明显，异常成分中矿上元素组份与矿下元素组份一般有明显差异，异常形态较有规律。分散矿化引起的地球化学异常，缺乏明显的浓集中心或呈分散的多中心，异常一般比较杂乱，组份分带不明显，异常组份比较简单，异常组份中矿上和矿下元素组份较为相似等

### 辨认矿化类型

#### (一) 主元素成分

经验表明，凡是异常规模大、强度高的那种元素，往往是该区成矿的主要元素。抓住这点，有助于较快地确定矿种。如江西德兴铜矿，根据土壤测量，50~200ppm的Cu异常达30多平方公里，最高值大于800ppm；河南某地银金矿床，3~5ppm的Ag异常达3平方公里，在矿带各地层中平均含量高于地壳平均克拉克值(0.07

ppm)的几倍至百倍以上<sup>1</sup>；河南某地新发现一个金矿，水系沉积物中0.02 ppm Au异常达13平方公里<sup>5</sup>。

单矿物及含矿岩体中主元素成分也有同样的指示作用。如黄铁矿中某种元素的高含量，可以指示矿化类型<sup>2</sup>；含矿岩体中某种元素的高含量，可以指示有利于该元素的矿化，如含铜矿斑岩体中铜的含量高<sup>9</sup>；当岩体中的黑云母含铜高

时，可指示铜矿化<sup>8</sup>；印度尼西亚和马来西亚的锡省中，一般花岗岩体含Sn都在40ppm以上，与Sn的克拉克值相比，高出13倍以上<sup>13</sup>。

### (二) 元素组合特征

矿化类型不同，异常中的元素组合是有差异的。表3列出了不同类型铜矿床的特征元素组合，可以根据元素组合特征辨认矿化类型。

几种主要类型铜矿床的元素组合

表 3

矿床类型	主要元素组合
与基性岩有关的硫化铜镍矿床	Cu, Ni, Co
夕卡岩型铜矿床	Cu, Mo, W, Bi, Ag, Pb, Zn, Mn, As, Cd
黄铁矿型铜矿床	Cu, Pb, Zn, Ag, Ni, Co, As, Mn
斑岩型铜(钼)矿床	Cu, Mo, Au, Ag, Re
铜多金属矿床	Cu, Pb, Zn, Ag, As, Sb, Bi, Mn, Cd

### (三) 模式辨认

近十几年来，地质学中出现了“模式”研究的热潮，尤其是成矿模式的研究十分活跃。某些典型矿床理想模式的建立，将有力地促进地质理论研究的深入和找矿活动的发展<sup>7</sup>。这种研究热潮，也影响到了勘查地球化学领域，勘查地球化

学家开始着手建立某些典型矿床和矿化类型的地球化学模式。这种理想模式，实际上是勘查地球化学家把典型矿床或矿化类型，将其地球化学异常特征的各种经验指标加以综合并上升到理性，从而建立起各种理想模式图。人们可以借助这种模式图辨认不同的矿种或矿化类型。图2是富家

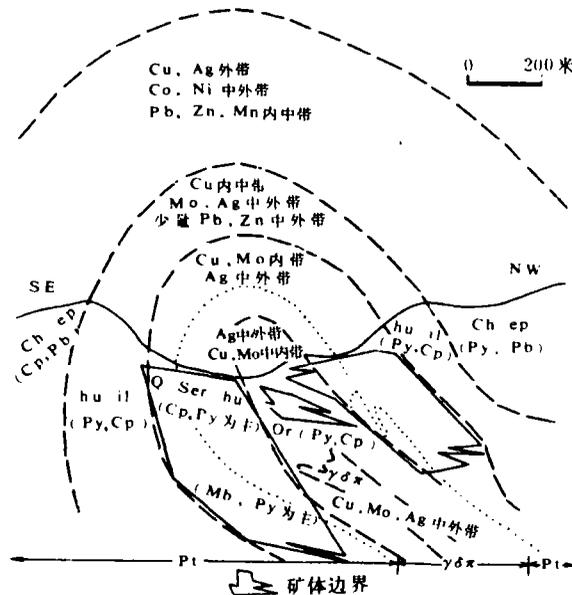


图2 富家坞铜钼银矿床蚀变、主要金属矿物及异常分带模式

γδπ—花岗闪长斑岩；Pt—千枚岩；Or—钾长石化带；Q—Ser—hu—石英绢云母化带；hu—il—伊利石—水白云母化带；Ch—ep—绿泥石—绿帘石化带；Mb—辉钼矿；Cp—黄铜矿；Py—黄铁矿；Pb—方铅矿

均斑岩铜钼矿床蚀变、主要金属矿物及异常分带模式图。图中揭示了化探异常在该矿床三度空间内呈现的钟状分布的典型模式，也揭示了矿床蚀变分带和主要金属矿物的分带。借助这一模式可以说明金属矿物分带、蚀变分带和异常元素分带之间的密切关系。三者从总体上说明了该矿床的分带特征。

### 判断剥蚀程度

#### (一) 利用元素的分带特征

根据热液矿床的垂直分带特征，可以判断矿体的剥蚀程度。当矿体处于不同的剥蚀深度时，在地球化学异常分带中，元素组合往往显示出一定的差异。表4列出了几个斑岩铜（钼）矿床不同剥蚀深度元素含量的平均值。从中可看出，当

不同剥蚀深度元素含量平均值对比 表4

剥蚀程度	图示	矿区	元素含量平均值 (ppm)					样品数
			Cu	Mo	Pb	Zn	Mn	
浅剥蚀		沙溪	198	1.5	28	73	900	166
		朱砂红	381		113	100	225	55
中剥蚀		豹宝山	325	6.1	12	49	634	222
		富家坞	349	5.9	20	41	175	161
深剥蚀		城门山	667	87	37	99	<100	60
		公婆泉	397	6.2				92

矿体有一定埋深、剥蚀比较浅时，尾部元素（包括矿体中的）Cu、Mo异常较小，异常强度较低，前缘元素Pb、Zn、Mn的含量较高，异常较明显；当矿体处于中等剥蚀时，矿体已出露地表，尾部元素Cu、Mo的含量明显增高，异常范围较大，而前缘元素Pb、Zn、Mn的含量降低，异常变小；当矿体剥蚀较深时，部分甚至大部分矿体已被剥蚀掉，尾部元素异常很强，前缘元素异常很弱甚至缺失。

#### (二) 累乘指数（或累加指数）

累乘指数不仅可以用来区分矿与分散矿化，而且可以用于评价剥蚀程度。表1的资料表明，累乘指数在矿上、矿体中和矿下往往有明显差异，矿上累乘指数最高，矿体尾部累乘指数稍低。根据地表化探异常中前缘和尾部两组元素比

值的累乘指数结果，可以有以下几种情况：如果化探异常中累乘指数很高，地表虽未见矿化，可以推断地下深部有盲矿的可能性；如果异常中累乘指数较高，地表已见矿化，可以推测在深部矿化可能有较大的延伸；如果累乘指数较低，地表已见矿化，可以推断矿体可能已剥蚀到尾部。

#### (三) 元素对比值

在评价剥蚀程度时，元素对比值是一种有用的指标，特别是选用具有垂直分带性的元素对比值，效果更好。

表5示出江西城门山、安徽狮子山和湖北铜录山矿区的几个元素对比值资料。在城门山矿区，发现Cu/Mo比值自上而下有明显变化规律：矿上大于10，矿体中2~10，矿下小于2，正好反映了从Cu—Cu、Mo—Mo矿体的变化规律<sup>[6]</sup>。因此，在城门山矿区可以利用该比值

不同矿区不同部位元素对比值的变化 表5

部位	城门山斑岩 铜钼矿	狮子山夕卡岩 铜矿	铜录山矿 铜铁矿
	Cu/Mo	Ag × 10 / Mo <sub>1</sub>	Cu × 50 / Fe <sub>2</sub>
矿上	>10	>2.5	>3
矿体内	2~10	1~2.5	1~3
矿下	<2	<1	<1

1、2系根据安徽321地质队和湖北第一地质队资料综合编制。

确定矿化部位和剥蚀深度。狮子山矿区的Ag × 10 / Mo比值和铜录山矿区的Cu × 50 / Fe比值均发现有一定的变化规律，利用此比值进行成矿预测取得了较好的找矿效果。

#### (四) 利用相关指数

相关指数为矿上元素组相关系数之和与矿下元素组相关系数之和的差，即  $p = \sum r_1 - \sum r_2$ ，按矿上部位和矿下部位分别计算p值。这种相关指数，在矿上为正值，矿下为负值，我们利用富家坞一勘探剖面进行了计算。由富家坞矿区已知矿体原生晕的研究，确定Pb、Zn、Mn为矿上元素组，Cu、Mo、Ag为矿下元素组。然后，分别按矿上和矿下部位计算这两组元素间的相关指数，计算结果示于表6。表中结果证实，矿上部位相关指数为正值，矿下为负值。因此，

可以根据相关指数的正或负值来判断属于矿上还是矿下,用以判断矿体的剥蚀深度

矿体不同部位相关指数

表 6

钻孔号	部 位	相 关 系 数									相关指数 $\rho$
		矿 上 元 素 组				矿 下 元 素 组					
		Pb-Zn	Pb-Mn	Zn-Mn	$\Sigma r_i$	Cu-Mo	Cu-Ag	Mo-Ag	$\Sigma r_i$		
ZK1907	矿上 (19)	0.801	0.659	0.135	1.895	0.013	0.179	0.221	0.116	1.119	
	矿下 (31)	0.179	0.371	0.021	0.871	0.158	0.129	0.336	1.222	0.318	
ZK1507	矿上 (19)	0.983	0.912	0.905	2.821	0.198	0.716	0.150	0.791	2.037	
	矿下 (29)	0.206	0.005	0.198	0.003	0.218	0.112	0.011	0.316	0.313	
ZK1111	矿上 (23)	0.813	0.516	0.501	1.890	0.191	0.310	0.028	0.121	1.769	
	矿下 (32)	0.153	0.021	0.222	0.100	0.111	0.581	0.115	0.583	0.183	

(19) 括弧内数字为样品数。

### (五) 矿物中的微量元素及比值

已经发现某些矿区的某些单矿物中,微量元素在不同标高或矿体的不同部位有较明显的垂向变化规律<sup>[6]</sup>。因此,可以利用单矿物中微量元素含量及比值的这种变化规律,作为判断剥蚀深度的标志。如富家坞和城门山的黄铁矿:在某些锡

矿区中,锡石中的 In 和 Nb 呈有规律的变化, In 随深度增加而减少, Nb 随深度增加含量也增加, In/Nb 其值随深度的增加有规律地减小;某些铅锌矿或多金属矿区,方铅矿中的 Sb 和 Bi

有一定变化规律, Sb 一般富集在矿上部位,随深度增加其含量降低, Bi 随深度增加其含量增加, Sb/Bi 比值自矿上至矿下有规律地减小。

上述问题,是笔者多年来在矿区化探工作中经常遇到的。文中提出的方法和指标,大多数是我们实践后的一些意见,某些指标可能有局限性,希望广大地球化学工作者加强这方面的研究和探讨,汇集大量的实际资料,再加以总结和提高,这样就可以有效地提高化探异常评价水平。

### 参 考 文 献

- [1] 吴承烈,物探与化探,1978, No 3, 1~15页
- [2] 地质部物探所铜矿组(朱炳球、徐外生执笔),1982, 斑岩铜(钼)矿地球化学异常特征及异常评价的研究总结。(内部)
- [3] 谢学锦,1979,区域化探,地质出版社,192页
- [4] 阮天健、李泽九、胡达力,1982,第一届勘查地球化学学术讨论会论文选编,231~211页
- [5] 龚启厚、王炳仁,1982,第一届勘查地球化学学术讨论会论文选编,222~230页
- [6] 朱炳球、徐外生,物探与化探,1981, No 1, 213~220页
- [7] 欧阳宗圻、刘泉清,1982,全国勘查地球化学第二届学术讨论会论文摘要汇编,223页
- [8] Kesler, S. E., Issigonis, J. M., 1975, Econ. Geol., v. 70, p. 559~567
- [9] Levinson, A. A., 1971, Introduction to exploration geochemistry, Applied publishing Ltd., Wilmette, Illinois, U. S. A., p. 611
- [10] Анастасиев, Н. С., 1979, Геохимические методы поисков месторождений цветных металлов, Изд. Наука, Сибирское отделение Новосибирск, стр. 181~186
- [11] Беус, А. А., Григорян, С. В., 1975, Геохимические методы поисков в разведки месторождений твердых полезных ископаемых, Цейра, стр. 278

### 勘 误

本期1984年第3期31页左栏倒数7行至11行及右栏倒数3行至9行,每行前之\*号应予去掉。