

# 应用联合指标确定钻孔原生异常分带

王文华

(合肥工业大学地质系)

在开展地矿部的重点推广项目——有色金属矿钻孔原生晕找盲矿体方法技术的研究中，作者首倡用相邻类似矿床的工业指标确定各元素的特征值，并提出用传统数理统计分析方法与工业指标相结合确定的联合指标对异常分带，并评价异常。联合指标法把诸矿点同一元素的异常内带下限值限定在同一尺度上，有利于类比异常和指导找矿。

## 问题的提出

### (一) 异常分带出现不合理现象

1984年在安庆铜矿3号矿体、黄土山、陈八房等铜矿点开展地矿部重点推广项目——有色金属矿钻孔原生晕找盲矿体方法技术的研究中，各矿点以同一样品数采用四种方法计算各元素的背景值和异常下限值。报出率大于70%的元素用统计计算法，概率格纸图解法和直方图法；报出率低于70%的元素，用剖面图解法。然后用不同岩类的异常下限值，分别求各元素的衬度值，各指示元素按等比级数将异常分为三级。1级异常（外带）：衬度值为1~2；2级异常（中带）：衬度值

为2~4；3级异常（内带）：衬度值>4。

通过两年多的工作，发现有两个主要问题应进一步探索。

1. 相邻各矿点的背景值和异常下限值相差较大，不利于互相对比。三个矿点均位于月山岩体东支东北边缘的内接触带，平面直距不到2公里，各取所在矿点的钻孔样光谱分析资料，计算指示元素的背景值和异常下限，各矿点相差均较大，按其等比级数确定的各元素分带值亦有明显差异（表1）。三个矿点各元素背景和分带值差异大的主要原因是各矿点见矿率不同。由于各矿点背景值和异常下限值不同，各元素所反映的异常形态和浓度值也不同，用这些数值对比研究异常的变

1984年各矿点所用背景值和分带指标 (ppm)

表1

带别	矿点	Cu	Co	Mo	Pb	Zn	Ba	Mn	Ag
背景值	三号矿体	70	26	0.5	2.5	10	700	450	1
	黄土山	42.7	2	1	6.7	50	371.5	224	
	陈八房	33.9	18.9	0.5	5.22	36.82			0.05
外带	三号矿体	200~400	40~60	5~50	5~50	5~150	1200~3000	1000~3000	5~150
	黄土山	102~204	33~66	5~10	15~30	100~200	925~1850	389~778	
	陈八房	130~260	47~94	5~10	20~40	100~200			0.5~1
中带	三号矿体	400~800	>60				>3000	>3000	>150
	黄土山	204~407	66~132	10~20	30~59	200~400	1850~3690	778~1556	
	陈八房	260~520	94~188	10~20	40~80	200~400			1~2
内带	三号矿体	>800							
	黄土山	>407	>132	>20	>59	>400	3690	>1556	
	陈八房	520	188	>20	>80	>400			>2

异性质和变化程度,不可能得到预期效果。

2. 异常分带与实际情况不符。经多年工作,在月山岩体中未发现具有工业价值的铅锌矿床和重晶石矿床,但在黄土山和陈八房两个矿点的闪长岩中,部分钻孔Pb原生异常出现中、内带;黄土山闪长岩中部分钻孔出现Ba原生异常中、内带(见表1);三个矿点Cu原生异常的外、中、内三带俱全,但因三号矿体见矿钻孔多,Cu原生异常规模却比未见矿的黄土山、陈八房两矿点的异常规模小或相当。造成上述现象的原因是背景值和异常下限值确定不合理,分带指标不切合实际。致使表达异常的尺度不统一,给综合分析利用资料带来困难。

### (二) 确定背景值和分带指标的基本要求

大量的工作实践表明,用钻孔原生晕指导找矿,根据实际情况合理确定背景值和异常分带指标至关重要。笔者认为,切合实际的背景值和异常分带指标值,应符合以下条件。

1. 背景值确定要合理。背景值确定过高,会掩盖弱异常;背景值确定过低,又会导致异常的跳跃起伏,使异常复杂化,甚至造成假异常。一般应与工作区的区域背景值基本一致。如没有区域背景值作比较,应参考最新出版的区域化探资料《元素在主要类型岩石中的平均含量》(A. П. 维诺格多夫)作比较。

2. 各元素浓度带应受地质资料检验,合乎矿床实际。确定异常元素的浓度分带,是为了指示找矿方向,并解决某些地质问题。因此,分带指标应尽可能符合地质实际情况。第一级(异常外带):反映部分介质岩中的分散矿化,异常强度低,梯度变化小,规模较大,一般是岩石引起的异常;第二级(异常中带):反映弱矿化带,在异常地段常见到弱矿化现象;第三级(异常内带):反映强矿化带,多为矿体或局部矿化富集地段。

笔者在化探找矿研究工作中,针对用现有方法所确定的元素特征值不合理、表达异常尺度不统一等问题,在学习邵跃同志经验的基础上,提出了用矿床工业指标确定背景值和异常分带指标。

### 工业指标法的内容及其应用

### (一) 确立工业指标法的依据

1. 矿区化探的主要任务是解释异常、评价异常、指出找矿区段、确定工程位置及孔深,达到找矿的目的。而评价矿床的主要依据是工业指标(边界品位、工业品位等)。矿床类型不同,评价矿床的工业指标也不同,利用已知相邻同类型矿床的工业指标,确定原生晕的背景值及分带指标,把化探找矿与矿床评价密切结合起来,有利于对比各矿点资料,更好地指导找矿。

2. 工业指标是根据矿床地质特点和现行选冶工艺技术条件制定的,它随着矿石选冶水平的不断提高而改变。用工业指标法确定化探原生晕特征指标值,使原生异常与现行选冶工艺条件及地质特征相结合,能较恰当的反映化探异常的形态和规模,避免扩大或漏掉异常,也可避免由于样品多少、计算方法不同造成参数值的随机性和偶然性误差。

3. 矿床是漫长的地质历史中各种复杂因素的综合体现,单凭人为选定有限样品的元素分析结果,用数理统计等方法求各元素的特征值,则不可避免地造成相邻各矿点相差悬殊,以至漏掉或扩大异常。因此,用工业指标和地质背景检验所计算出来的特征值是否符合实际情况,是十分必要的。

### (二) 工业指标法的内容

1. 工业指标法是参考《矿产工业要求参考手册》中16个矿种的有关矿床工业指标,用适当数学公式计算不同类型矿床地球化学近似特征值(表2)。在使用时,应结合被研究对象的地质特点,在表中选取近似工作区的地球化学背景值(即类似岩石中的平均含量),作为矿点有关指示元素的背景值及异常分带下限值。所涉及的内容有:

(1) 对所分析元素报出度的要求:对某些稀有贵金属元素Ag、Au等,从找矿出发,要求分析报出度高,但限于分析技术水平,或仪器本身分析灵敏度达不到要求者,只要能报出其含量,不计算背景值及异常下限,即可圈定相应等级的异常;但对另一些元素,则不需要太高的报出度,样品分析的报出度达到多少才能满足找矿要求?

笔者认为：某元素分析的报出度，应以该元素工业品位降低三个数量级，即能满足找矿需要。

$$\begin{aligned} & \text{要求分析报出度 (\%或克/吨)} \\ & = \text{工业品位 (\%或克/吨)} / 1000 \end{aligned}$$

(2) 矿区(床)地球化学背景值：以相似类型矿床有益元素的边界品位低两个数量级来表示。

$$\begin{aligned} & \text{背景值 (\%或克/吨)} \\ & = \text{边界品位 (\%或克/吨)} / 100 \end{aligned}$$

(3) 异常下限值：是提供矿化信息、表征异常的起始值，可将某元素的工业品位降低两个数量级作为其异常下限的指标。

$$\text{异常下限值} = \text{工业品位 (\%或克/吨)} / 100$$

(4) 异常内带下限值：异常内带是表征异常强度高、反映矿化较集中的地带，它的出现预示着距原生矿体较近。可用工业指标法确定的异常下限值提高一个数量级，或者用工业品位降低一个数量级来表示。

$$\begin{aligned} & \text{内带下限值 (\%或克/吨)} \\ & = \text{工业品位 (\%或克/吨)} / 10 \end{aligned}$$

(5) 中带下限值，异常中带是介于内、外带之间的中等异常，可用均值内插法确定中带下限值。

$$\text{中带下限值} = (\text{内带下限值} + \text{外带下限值}) / 2$$

## (二) 应用实例

1. 单一夕卡岩铜矿床：已知邻近相似类型矿床的工业指标是：Cu 边界品位为0.3%，工业品位为0.5%，用工业指标法求Cu的各特征值。

$$\begin{aligned} & \text{要求分析Cu 报出度} = 0.5\% (\text{Cu 工业品位}) / \\ & 1000 = 0.0005\% \approx 5 \text{ ppm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \text{Cu 背景值} = 0.3\% (\text{Cu 边界品位}) / 100 \\ & = 0.003\% \approx 30 \text{ ppm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \text{Cu 异常下限值} = 0.5\% (\text{Cu 工业品位}) / 100 \\ & = 0.005\% \approx 50 \text{ ppm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \text{Cu 异常内带下限值} = 0.5\% (\text{Cu 工业品位}) \\ & / 10 = 0.05\% \approx 500 \text{ ppm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \text{Cu 异常中带下限值} = (500 + 50) / 2 = 275 \\ & \text{ppm} \end{aligned}$$

2. 以铅为主的多金属矿床：该矿床Pb、Zn、Cu、Ag 共生，已知邻区类似矿床Pb、Zn、Cu

的边界品位分别为0.5%、0.7%、0.2%；Pb、Zn、Cu、Ag 的工业品位分别为0.6%、3%、0.3%、0.001%。用工业指标法求各元素的特征值。

因多金属矿床中的四种元素都是成矿元素，应按前述表达式分别求它们各自的特征值，或直接查表2序号3得知各特征值。

3. 某夕卡岩型白钨矿床：已知邻近类似矿床WO<sub>3</sub>的边界品位0.08%，工业品位0.1%，用工业指标法求W的各特征值。

由于评价矿床的工业指标是WO<sub>3</sub>，应先用原子量配分求出对应于WO<sub>3</sub>边界品位和工业品位W的含量(W的边界品位为0.06%，工业品位为0.079%)，再用有关表达式求W的各特征值，或查表2序号8也可。

工业指标法的主要优点，是把异常分带与工业指标结合起来，使异常分带能更好地指导找矿。如某元素出现异常内带时，则预示着附近可能找到该元素的强矿化体或矿体，这样可减少为获得其他参数所需的大量数理统计工作。但是，随着矿石选冶工艺水平的不断提高，有些矿床的工业指标也不断降低。如许多老矿山的夕卡岩型铜矿，50年代Cu的边界品位为0.3%；工业品位0.5%；70年代至今，Cu的边界品位降低到0.2%，工业品位为0.3%。如用这些降低的工业指标确定Cu的各特征值，可能显得偏低，使整个钻孔都呈现异常，失去用其指导找矿的意义。为了解决这一实际问题，1985年我们在黄土山、陈八房两矿点试用联合指标法确定背景值和分带指标及编制图件，取得了良好效果。

## 联合指标法

所谓联合指标法，是指用数理统计等传统方法求出异常下限(异常外带下限)值，再与工业指标法确定的异常内带下限值相结合，确定中带下限值指标。

笔者并不是过分强调工业指标法的重要作用，否定其他方法的实用意义，而是主张“尊重实际，推陈出新”。在一个新工作区，应先试用不同方法计算各岩类的特征值，求出分带指标，然

表 2

工业稀贵金属确定不同类型矿床地球化学特征值结果

序号	矿种	矿床类型	成矿元素	边界品位 (%)	工业品位 (%)	要求贫矿度 (%)	背景值 (%)	外带下限 (%)	中带下限 (%)	内带下限 (%)
1	铜矿	一般铜矿床	Cu	0.3	0.5	0.0005	0.003	0.005	0.028	0.05
		斑岩铜矿床		0.2	0.4	0.0004	0.002	0.004	0.022	0.04
		特殊铜矿床		0.2	0.3	0.0003	0.002	0.003	0.017	0.03
2	铅矿	以铅为主的铅锌矿床	0.3	0.7	0.0007	0.003	0.007	0.038	0.07	
		以锌为主的铅锌矿床	0.5	1.0	0.001	0.005	0.01	0.055	0.10	
3	多金属矿	以铅为主的多金属矿床	Zn	0.5	1.0	0.001	0.005	0.01	0.055	0.10
			Pb	0.8	2.0	0.002	0.008	0.02	0.11	0.20
			Pb	0.5	0.6	0.0006	0.005	0.006	0.033	0.06
			Zn	0.7	3.0	0.003	0.007	0.03	0.165	0.30
4	镍矿	以铅为主的多金属矿床	Cu	0.2	0.3	0.0003	0.002	0.003	0.017	0.03
			Ag	0.001克/吨	0.001克/吨	0.001克/吨	>0.01克/吨	0.055克/吨	>0.1克/吨	
			硫化镍矿床	0.2	0.3	0.0003	0.002	0.003	0.017	0.03
			硫酸镍矿床	0.5	0.8	0.0008	0.005	0.008	0.044	0.08
5	钴矿	夕卡岩型砷化钴硫化钴矿床	0.5	1.0	0.001	0.005	0.01	0.055	0.10	
			钴土矿床	0.02	0.06	0.00006	0.0002	0.0006	0.0033	0.006
			淋滤型钴土矿床	0.3	0.5	0.0005	0.003	0.005	0.028	0.05
			含钴多金属矿床	0.3	0.5	0.0005	0.003	0.005	0.028	0.05
6	铋矿	石英脉型铋矿床	0.3	0.6	0.00006	0.0003	0.0006	0.0033	0.006	
		夕卡岩型铋矿床	0.2	0.3	0.0003	0.002	0.003	0.017	0.03	
		Bi (伴)	0.4	0.5	0.0005	0.004	0.005	0.028	0.05	
7	锑矿	似层状锑矿床	0.2	0.4	0.0004	0.002	0.004	0.022	0.04	
		小型脉状锑矿床	WO <sub>3</sub> , 0.1	WO <sub>3</sub> , 0.15	0.000119	0.00079	0.00119	0.0065	0.0119	
		0.04	0.07	0.00007	0.0004	0.0007	0.0039	0.007		

续表 2

序号	矿种	矿床类型	成矿元素	边界品位 (%)	工业品位 (%)	要求灵敏度 (%)	背景值 (%)	外带下限 (%)	中带下限 (%)	内带下限 (%)
7	铋矿	铋金铋矿床	Sb	0.7	1.0	0.001	0.007	0.01	0.055	0.10
				2克/吨 WO <sub>3</sub> 0.1	1克/吨 WO <sub>3</sub> 0.2	0.000159	0.00079	0.00159	0.00875	0.0059
8	铋矿	中型夕卡岩型白钨矿床 小型夕卡岩型白钨矿床 细脉型白钨黑钨矿床	W	WO <sub>3</sub> 0.08 WO <sub>3</sub> 0.15 WO <sub>3</sub> 0.1	WO <sub>3</sub> 0.1 WO <sub>3</sub> 0.2 WO <sub>3</sub> 0.15	0.000079 0.000159 0.000119	0.0006 0.00119 0.00079	0.00079 0.00159 0.00119	0.00135 0.00875 0.00655	0.0079 0.0159 0.0119
				0.15 0.15 0.05	0.2 0.3 0.1	0.0002 0.0003 0.0001	0.0015 0.0015 0.0005	0.002 0.003 0.001	0.011 0.0165 0.0055	0.02 0.03 0.01
9	铋矿	锡石硫化物脉状矿床 锡石硫化物细脉带 锡石褐铁矿矿床	Sn	0.15 0.15 0.05	0.2 0.3 0.1	0.0002 0.0003 0.0001	0.0015 0.0015 0.0005	0.002 0.003 0.001	0.011 0.0165 0.0055	0.02 0.03 0.01
				0.02 0.03	0.04 0.06	0.00004 0.00006	0.0002 0.0003	0.0004 0.0006	0.0022 0.0033	0.004 0.006
10	钼矿	铜钼矿床	Cu Mo	0.2 0.03	0.4 0.05	0.0004 0.00005	0.002 0.0003	0.004 0.0005	0.022 0.0028	0.04 0.005
				夕卡岩型钼矿床	5	0.005	0.03	0.05	0.275	0.5
11	砷矿	以雄黄为主的砷矿床 含砷多金属矿床	Cu Zn As	0.3 0.5 3.0	0.5 1.0 4.0	0.0005 0.001 0.004	0.003 0.005 0.03	0.005 0.01 0.04	0.275 0.055 0.22	0.05 0.10 0.40
				脉金矿(包括蚀变岩型金矿)	3克/吨	5克/吨 2克/吨	0.005克/吨 0.002克/吨	0.03克/吨	0.05克/吨 0.02克/吨	0.275克/吨 0.11克/吨
12	金矿	砂金矿 单一银矿床	Au Ag	1克/吨 1.5克/吨	2克/吨 0.3克/吨	0.0002克/吨 0.0003克/吨	0.01克/吨 0.015克/吨	0.02克/吨 0.03克/吨	0.11克/吨 0.0165克/吨	0.2克/吨 0.03克/吨
				50克/吨	150克/吨	0.5克/吨	0.5克/吨	1.5克/吨	8.25克/吨	15克/吨
13	银矿	金银矿床	Au Ag	3克/吨 50克/吨	5克/吨 120克/吨	0.03 0.05	0.03 0.0003	0.05克/吨 1.2克/吨	0.28克/吨 6.6克/吨	0.5克/吨 12克/吨
				单一铀矿床	0.03	0.05	0.00005	0.0003	0.0005	0.0028
15	锰矿	氧化锰矿床 碳酸锰矿床	Mn	10 8	20 10	0.02 0.01	0.1 0.08	0.2 0.1	0.9 0.45	2.00 1.00
				硫酸钡矿床 (BaSO <sub>4</sub> )	BaSO <sub>4</sub> 10%	BaSO <sub>4</sub> 30%	0.0176	0.059	0.176	0.794

后与类似矿床的工业指标确定的特征值和分带指标相比较,选择接近该区同类岩石元素的平均含量作为背景值,制定分带指标。如数理统计法求出的特征值和分带指标与矿床(点)的地质背景基本吻合,可优先选用数理统计等传统方法求出的背景值和异常分带指标,编制正式图件;如不符合前述确定背景值和分带指标的基本条件,则只选用适合矿区具体情况的异常下限值,用类似矿床的工业指标法确定异常内带指标,然后将二

者相结合确定异常中带指标。这种联合指标法既充分发挥了数理统计法及工业指标法的长处,又互补了各自的不足,因此,我们认为这是目前确定分带指标较好的一种方法。如在两个Pb、Zn矿化点,用数理统计计算出的背景值偏低,用其确定的分带指标制图,有些剖面出现Pb(Zn)的内带(见表1),与实际情况不符。用联合指标法求得的Pb、Zn分带指标(表3)制图,Pb、Zn则均不出现中、内带。其他元素也有类似情

1985联合指标法确定制图分带指标

表3

元素	黄土山				陈				八房				内带采用的工业品位值(%)				
	闪长岩				闪长岩				角页岩		钙角岩						
	背景	外带	中带	内带	背景	外带	中带	内带	背景	外带	中带	内带	背景	外带	中带	内带	
Cu	54	160	330	500	34	130	315	500	34	130	315	500	16	50	275	500	0.5% (一般铜矿床)
Co	20	40	50	60	20	40	50	60	14	40	50	60	18	40	50	60	0.06% (夕卡岩型砷化钴硫化钴矿床)
Mo	1	5	23	40	2	4	22	40	2	4	22	40	2	4	22	40	0.04% (细脉浸染型铜矿床)
Pb	8	16	358	700	5	10	355	700	7	15	357	700	2	8	354	700	0.7% (以铅为主的铅锌矿床)
Zn	50	100	550	1000	40	100	550	1000	45	145	572	1000	18	50	525	1000	1.0% (以锌为主的铅锌矿床)
Ba	472	1000	9320	17640	500	1000	9320	17640	500	1000	9320	17640	500	1000	9320	17640	17.64% (据重晶石矿床)
Mn	214	400	5200	10000	200	400	5200	10000	200	400	5200	10000	200	400	5200	10000	10% (据碳酸锰矿床)

况,如Ba和Mn。在陈八房Mo的情况则相反。

实践表明,用联合指标把相邻诸矿点各指示元素内带指标限定在一个水平上,既统一了表达各矿点异常内带的尺度,又能合理反映钻孔原生

异常的客观规律性,有利于对比异常,能更好的指导找盲矿。经地矿部有关专家评定,认为工业指标和联合指标法是接近国际水平且值得推广用的新方法。

### Zoning of Drill Hole Primary Anomalies by Using a Joint Index

Wang Wenhua

(Geological Department, Hefei Technical University)

#### Abstract

In the technical study of the zoning of primary anomaly belts for delineating nonferrous metallic blind ore bodies, the author has developed a method by using the characteristic value of each element. All these values were determined from the industrial indexes of similar ore deposits in neighbouring districts. In addition, the author brought forth another method in which a joint index was used. The joint index was jointly established by using the industrial indexes of ore deposits and the data through conventional mathematical statistics analysis. This method assigns a unified scale for the threshold values of the inner anomaly belt of the same element in different mineral occurrences and is favourable to the analogue analysis of anomalies.