

化探异常评价中的若干问题

高令奇 赵衍江

地球化学探矿工作的整个过程，归纳起来，主要是解决两个问题：一是如何发现化探异常；一是如何正确评价化探异常。多年来，通过大量实践，各地都有一些评价化探异常的方法。本文本着互相学习，共同提高的精神，介绍一下目前各地所应用的部分评价化探异常的方法，供大家在工作中参考。

一、运用辩证唯物主义与历史唯物主义的观点和方法，指导化探异常评价工作

对已发现的化探异常，能否做出正确的评价，是衡量化探工作质量高低、效果好坏的重要标志。但是，化探异常是在极复杂的地质地球化学作用过程中形成的，会受到内部和外部多方面因素的影响。所以对于各种复杂的化探异常，要加强综合研究，及时揭露验证，认真总结经验，要经过“实践、认识、再实践、再认识”这样多次反复的过程，才有可能排除干扰因素，找出异常与矿体的内在联系，得到正确的评价。那种认为对化探异常只需一次评价，就能得到正确认识的想法与做法，是不符合辩证唯物主义认识论的。

二、正确表达化探异常

1. 正确确定背景值

正确确定指示元素的背景值，是正确表

达化探异常的基础。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，甚至会造成假异常。

2. 正确显示弱异常

在化探工作中，如果对异常数据表示的方式及比例尺选择不当，往往会将一些较弱的低值异常忽略掉。例如图1所示的这种脉状矿体，对于其中的Ⅱ号平行矿脉所引起的弱异常，若采用剖面平面图，就能清楚地显示出来；若用等浓度带平面图，就会被划到外浓度带中去。

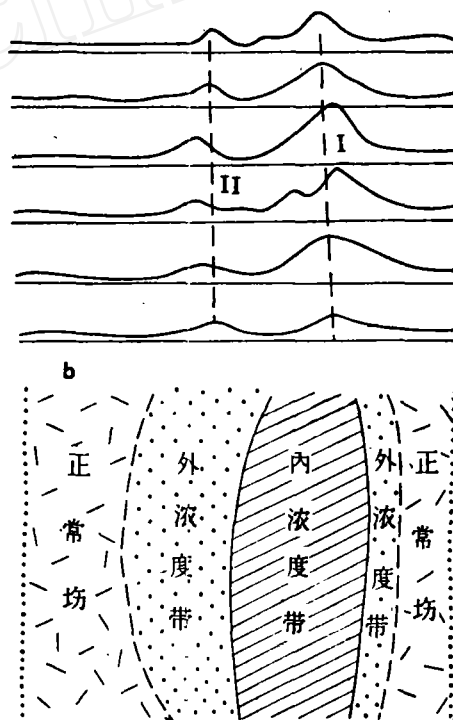


图1 原生晕综合图

a—剖面图，

b—浓度带图

其次，剖面平面图和剖面图的参数（含量）标尺上，最好采用算术标尺，以便曲线起伏变化表现明显。对标尺刻度间距的大小要选择适当，弱异常才能显示出来；若刻度间距过小，弱异常就会在含量曲线上表现不

明显,甚至会表现不出来(图2)。

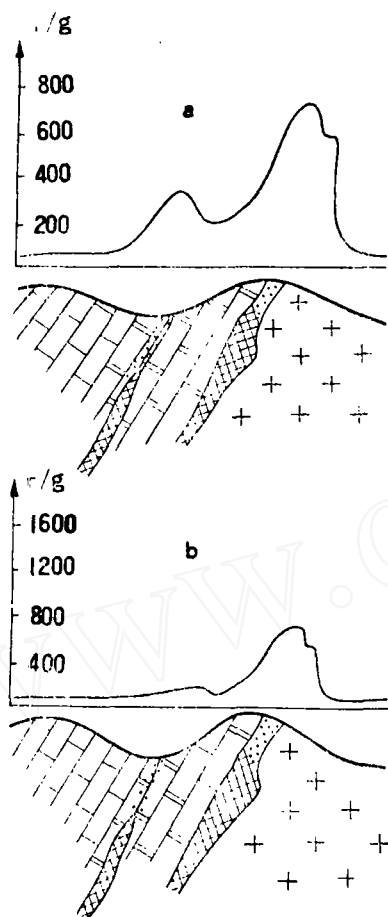


图2 原生晕综合剖面图

a—曲线起伏明显
b—曲线起伏不明显

3. 修饰均匀性差的原生化探异常

由于某些指示元素在围岩中原生分布不均匀,致使原生化探异常产生较大的跳跃起伏,其浓度分带性也不清楚,这给异常的解释推断,追踪盲矿体、布置山地工程等诸多评价工作带来困难;所以,对那些均匀性差的原生化探异常要进行修饰。修饰的方法是,把原生异常划分为三个浓度带:内浓度带,其下限为背景值的32倍;中浓度带,其下限为背景值的8倍;外浓度带,其下限为背景值的3倍。三个带的边界等浓度线,采用三点或五点滑动均值法求得。

4. 利用综合图件表达化探异常的地质规律

对所发现的化探异常,要与异常地段的地质情况结合研究,这样就可以更明显地表达出化探异常的地质规律。例如某地矽卡岩型金铜矿区的化探原生铜异常(图3),1500Y/g以上的铜内浓度带,其分布范围仅

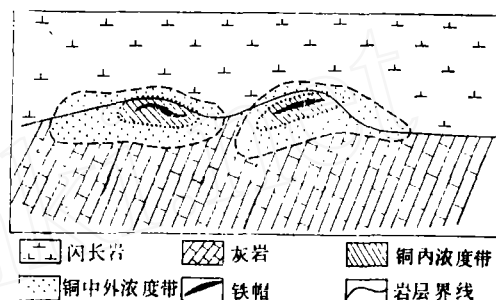


图3 原生晕铜异常

仅围绕接触带附近的铁帽出现;150Y/g以上的铜中外浓度带与矽卡岩带的分布范围基本吻合。所以这种综合图件,为异常的评价提供了地质依据。

5. 消除局部背景干扰, 扩大异常范围

某些地区的化探异常,除了强度较高的明显异常之外,往往还有一些强度低的不甚明显的弱异常。这部分弱异常的异常值与当地局部较高背景值相差不大,容易被忽略掉。所以在评价之前,对于有这种情况的化探异常区,要考虑异常地段的地质构造条件和各种岩层不同的背景值。

区分背景干扰和弱异常的方法有两种:一种是采用不同的共生元素组合加以区分,因为岩层中的背景部分与矿化部分的元素共生组合类型往往是不同的;另一种方法是对两个以上元素组合数据,进行判别和统计,根据判别和统计的结果,区分两类不同母体的样品,以便确定弱异常部分的真实边界范围。例如某地一个黄铁矿化探异常,铜异常在矿化露头部分比较明显,而在沿走向埋深较大的矿体部分,则铜异常反映微弱。这部

分铜异常强度与该地段黑云母片岩中铜的背景含量相差不大。因此,在第一次圈定铜异常时,就把弱铜异常给忽略掉了。结果所圈出的铜异常范围,自矿体露头向外只有几十米。后来,对矿异常中铜镍钴这一组指示元素的数据进行了判别和统计,根据统计结果,有效地区分了两类不同母体所组成的化探样品,从而找出了矿化扩散范围的真实界线。这个范围,离开矿化露头将近1000米。

三、评价异常的一些方法

1. 现场踏勘

对已发现的化探异常,评价前应对现场进行踏勘。踏勘的对象与内容是:地层和岩性的变化、火成活动、成矿构造、围岩蚀变、指示矿物、指示植物(如铜草)、铁帽、老洞、炉碴、废矿石堆、采矿场、运矿路线、地形地貌条件、地形切割程度、覆盖厚度、覆盖物性质和植被情况等。另外,在踏勘过程中,还应向当地群众了解有关采矿的一些古代传说,以及对那里的矿产资源的看法和意见等。在踏勘过程中所获得的各种资料,是正确评价异常的宝贵线索和依据。

2. 区分真假异常

根据踏勘结果,结合异常各种表象与特征,就可以把发现的所有化探异常大体划分为几个类型。然后把那些假异常,诸如废矿石堆、炉碴、富含某种金属的肥料、选矿厂、运矿路线、风积物、烟尘等引起的假异常筛选掉;同时还应考虑到分析误差所造成的含量增高的情况。

区分真假异常的方法有:(1)深层取样,研究异常含量垂向梯度变化;(2)用原生晕方法验证次生异常的来源;(3)在工作地区分别测定统计各类岩石背景值的高低及其共生组合关系等。例如对某地热液脉状磁黄铁矿-黄铁矿型的钴矿床进行化探普查时,据化学分析结果,得到了几十个砷的次生异常。同时到现场踏勘发现:一类砷异

常产于侏罗系砂页岩中,多呈条带状沿含矿构造断续成群出现。异常走向与含矿构造带的方向基本一致。另一类砷的次生异常与该区砂岩中的铁质条带及其风化淋滤所形成的褐铁矿(即假铁帽)分布一致。后来通过多元素分析,结果发现:第一类异常样品中除砷的含量高外,还有铜、铅、铋等元素含量高;第二类异常样品中除砷的含量高外,铜、铅、铋的含量都很低,仅是砷单一组份的异常。因此,根据上述两类异常样品不同共生组合规律,有效地区分了两类不同性质的异常。

3. 区分矿与非矿异常的几种方法

(1) 类比法 首先根据已知矿体所引起的异常特征、形态、强度大小、元素共生组合类型、各种参数的统计与计算结果、矿体赋存的空间位置及其与异常特征相互间的关系,进行深入细致的综合研究工作,找出几条可靠的评价标志;然后拿这些标志去与未知异常对比研究,判断未知异常的性质。例如某内生脉状金矿就是用类比法开展化探工作的。首先在已知矿脉上发现了下列三条标志:一是矿脉前缘的砷异常呈峰状,强度高;二是矿脉尾部砷异常呈多峰状,强度较弱;三是元素组合类型为砷-铅型。根据已知矿脉的三条评价化探异常的标志,对该区的未知异常进行了评价,并做了钻孔原生晕工作,结果在钻孔中打到了金盲矿脉。

(2) 利用指示元素之间的量比变化 如某产于震旦纪变质岩系中的热液充填型铅锌矿,围岩为大理岩和云母片岩,矿体受断裂构造控制。矿区先后共有五期热液活动,但只有第二期热液活动形成了铅锌工业矿体(矿体中除铅锌外,还有毒砂)。第四期热液活动仅形成不具工业品位的铅锌矿化,同时见到一些黝铜矿。其除各期热液活动只有局部轻微的铅锌矿化。第二成矿期中,铅-锌是主要的特征元素,铜是次要的。而在第四期热液活动中,铜是主要的特征元素,而铅

锌是次要的。

根据该区矿床成因特点和规律,总结出如下三条化探异常的评价标志:①铜/铅<0.2;②铅含量>300 γ /g;③砷的含量>80 γ /g。利用上述评价标志,区分了矿与非矿(矿化)异常(图4)。

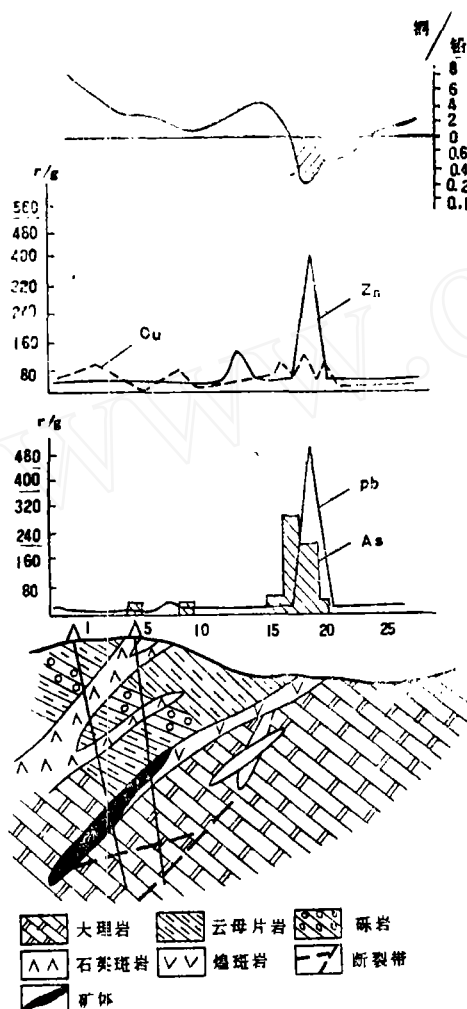


图4 综合剖面图

(3) 利用单矿物中微量元素的含量变化 如某地进行化探次生晕普查时,发现几个铜次生异常,最中最大的异常产于花岗闪长斑岩中,其余几个产于第四纪地层中。最大的铜异常地段有较高的钴镍异常,没有银异常;地表见有黄铁矿化现象。从该地段采集的岩石样品中挑选了黄铁矿、黄铜矿(包括辉铜矿、斑铜矿)、石榴石和透辉石等四种单矿物进行铜、钴、银、镍等元素分析,结果在黄铁矿中发现有铜、钴和镍,没有银。银与黄铜矿、辉铜矿、斑铜矿有关。据此推断,这个铜次生异常很可能是黄铁矿所引起的。后来经钻孔验证,果然见到了黄铁矿,并无铜矿体。又如在某矽卡岩型铜矿上的异常地段,对岩石样品中孔雀石单矿物的铋和铅含量变化进行了研究,结果发现矿体中孔雀石的铋含量比矿化体中孔雀石的铋含量低得多。矿体孔雀石中的铋,经冷提取分析,其几何平均值<100 γ /g;但经光谱分析,其几何平均值一般都<300 γ /g。矿化体孔雀石中的铋含量,用冷提取分析,其几何平均值>500 γ /g,但经光谱分析,其含量可达1000~2000 γ /g。所以利用孔雀石中铋含量的不同变化来区分矿与非矿异常,也是有效的。

(4) 用数理统计中的判别分析法 如某地14个异常中,有7个是见矿异常,7个是未见矿异常。两类异常的判别系数相差较大,其判别系数见表1。

又如在某铅锌矿异常上,用判别分析统计了8个异常的判别系数值,其中4个异常为已知矿异常,4个是未知异常。两类异常

表1

异常系数	异常编号	1	2	3	4	5	6	7
异常类型								
见矿异常		0.248	0.299	0.498	0.243	0.554	0.324	0.465
未见矿异常		0.630	0.014	-0.048	-0.017	0.014	0.031	0.009

判别系数值差别较明显,再结合其他条件推断,4个未知异常很可能属于非矿异常。后经槽探揭露验证,初步得到了证实。两类异常的判别系数见表2。

表2

异常系数值 异常类型	1	2	3	4
已知矿异常	0.251	0.281	0.247	0.278
未知异常	0.115	0.003	0.152	0.090

(5) 用山地工程配合异常评价 在新区进行化探工作时,往往没有已知矿体,这就需要选择一两个初步认为条件较好的异常,用山地工程验证,突破一点,取得经验,得到评价标志。如某地在进行1/1万化探次生晕普查时,所发现的铜次生异常,面积较大,近似圆形,位于闪长岩体的凹部,是成矿有利部位。异常区内铜含量 $>400\gamma/g$,铜的高含量圈分成东西两个包。区内没有已知矿体,就在西异常圈用槽探揭露,在探槽下面垂深20米处打了一个水平坑道,并做了槽探原生晕工作,结果发现共生元素组合为铜和银。铜的几何平均值为 $1274\gamma/g$,银为 $1.2\gamma/g$ 。坑道中原生晕共生元素组合类型是一样的,深度仅相差20米,而铜与银的含量几何平均值就增加了4~6倍,(即铜为 $5104\gamma/g$,银为 $7.2\gamma/g$)。铜和银含量如此迅速地增加,很可能是下部盲矿体存在的预兆,异常是矿体引起的可能性很大。后来经钻孔验证,找到了盲矿体。

(6) 用地质、物探、化探密切配合的方法评价化探异常 实践证明,用地质、物探和化探密切配合的方法评价化探异常,是区分矿与非矿异常行之有效的方法。

4. 判断矿异常与矿体之间的空间关系

判断矿异常与矿体的空间关系,可为验证工程的摆布及其深度提供依据。目前,有的利用下述几种方法判断矿异常与矿体的空

间关系。

(1) 利用原生矿异常中共生金属元素组分的垂向分带 岩浆期后热液矿床中的共生金属元素组分大体可以归纳成三类:第一类为“探途”组分,主要是由挥发性组分、易成低温矿物,其化合物的溶度积较大,性质较活泼的元素组成;第二类是“固守”组分,主要是由那些与矿床元素组分性质相近的元素组成;第三类是“后尾”组分,主要是由化学性质较稳定、其化合物的溶度积较小、易成高温矿物的元素组成。根据上述特征组分的位置,可判断矿体赋存的空间位置。在这方面不但要研究远距离渗滤成因原生晕异常的垂向分带特征,而且要特别注意那些扩散成因原生异常的分带特征,因为后者往往扩散距离较小,更接近于矿体。

例如,某矿区原生异常(该矿床为一铜铅锌多金属矿床)是一个很清晰的钼、砷、锑、银、铅原生异常;由铜和钼等元素组成后尾组分原生异常。推断距水平坑道下100米深处可能见矿,经钻孔验证未见矿,待钻到200米深处时,见到原生矿体(图5)。

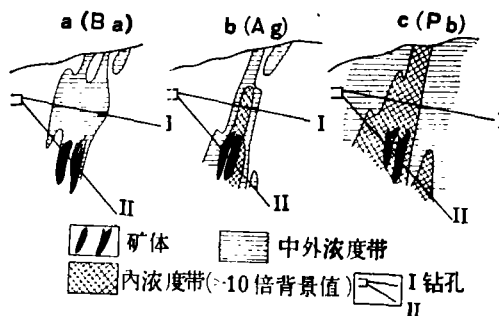


图5 钼、银、铅的前缘原生异常

(2) 利用近矿指示浓度 因为矿床原生异常是矿体在同一条件同时形成的,特别是那些矿床元素,其浓度变化往往是从矿体向外逐渐降低的。因此,可按照主要成矿元素及伴生元素的含量值,划分为内、中、外三个浓度带。内浓度带一般离矿体最近。根据近矿浓度带,再结合地质构造、岩层产状

等条件,就可以确定验证工程的位置。例如,在某铜矿区进行原生晕工作时,按照3、8、32倍于背景值的铜、银、铋三元素,作为浓度带的下限,将矿异常分成内、中、外三个浓度带:①内浓度带:铜 $>600\gamma/g$,银 $>0.6\gamma/g$,铋 $>60\gamma/g$;②中浓度带:铜 $300\sim 600\gamma/g$,银 $0.3\sim 0.6\gamma/g$,铋 $30\sim 60\gamma/g$;③外浓度带:铜 $100\sim 300\gamma/g$,银 $0.1\sim 0.3\gamma/g$,铋 $10\sim 30\gamma/g$ 。

另一铜矿原生异常分带如下:①内浓度带:铜 $>640\gamma/g$,银 $>16\gamma/g$,钼 $>64\gamma/g$,锌 $>640\gamma/g$;②中浓度带:铜 $160\sim 640\gamma/g$,铅 $160\sim 640\gamma/g$,银 $4\sim 6\gamma/g$,钼 $16\sim 64\gamma/g$,锌 $160\sim 640\gamma/g$;③外浓度带:铜 $40\sim 160\gamma/g$,铅 $40\sim 160\gamma/g$,银 $0.5\sim 4\gamma/g$,钼 $4\sim 16\gamma/g$,锌 $40\sim 160\gamma/g$ 。

(3) 利用矿床原生异常中共生元素间的比值变化 如在某铁锌铜多金属矿区,通过统计计算,确定在以铁为主的矿体上,铅与锌比值由矿体向外逐渐增高;锌与铜比值自矿体头部至尾部逐渐增大;钼与铜比值自矿体底板至顶板逐渐增加。在以铜为主的矿体上,各元素比值变化情况是:铅与锌、铅与铜、钼与铜的比值,越靠近矿体越低;而在矿体尾部,各元素的比值,则自矿尾向外逐渐增加。

(4) 利用热液矿床原生异常与成矿元素的同位素比值变化 如某中温热液型多金属矿床中,利用硼同位素 B^{11} 与 B^{10} 的比值变化来推断矿体的埋藏深度(即 B^{11} 与 B^{10} 的比值随矿体埋深的增加而增大,图6)。该矿体为一缓倾斜产状的透镜体,产于断裂带附近。沿含矿断裂带矿体倾斜方向,采取蚀变的斜长玢岩样品,测定硼同位素 B^{11} 和 B^{10} 的含量,然后计算 B^{11} 与 B^{10} 的比值,即可推断出矿体的埋藏深度。

(5) 利用成矿温度的变化 在成矿过程中,金属矿物的析出与沉淀,就温度而

言,近矿温度与远离矿体部位的温度是不相同的。近矿温度要高,而自矿体向外,其温度则逐渐下降。因此,根据测温结果,可以推断矿体赋存的空间位置。测定成矿过程中温度变化的方法很多,如气液包体测温法,闪锌矿测温法等。

5. 推断矿体规模的方法

苏联在某硫化物锡石矿床中,提出了用地球化学方法预测深部锡储量的方法。其根据是:锡在热液条件下的碱性溶液中,是以 $(Sn(OH)_x F_{6-x})$ 这种氟羟络离子形式进行迁移的。当热液的pH值改变以后,氟羟络离子就要发生水解或分解。因此,锡就会发生沉淀,结果形成锡石硫化物矿床。这时氟羟络离子中的氟就被释放出来,以类质同象的形式进入矿脉旁的蚀变围岩矿物绢云母和绿泥石中。这样,矿脉上方或其脉旁蚀变围岩中氟含量的高低,就标志着下面锡矿床中锡含量的高低。蚀变围岩中氟量越高,相应的其下部矿体中的锡储量也越大。因为锡和氟是由同一个氟羟络离子水解而来的。另

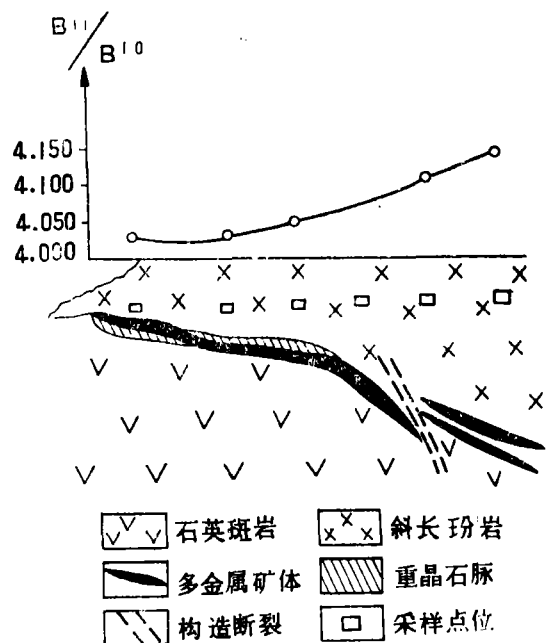


图6 B同位素比值变化

外, 锡氟之间呈现一种正相关关系。根据这种关系, 就可以间接用氟量推断其下部矿体中的锡储量。

推断方法是, 通过一系列的计算求得锡的面金属量储量。其步骤如下:

(1) 用下式求出围岩蚀变晕中氟的平均含量

$$F_{ca} = \left(\frac{L_1 C_1 + L_2 C_2 + \dots + L_n C_n}{L_1 + L_2 + \dots + L_n} - F_{co} \right)$$

F_{ca} —围岩蚀变晕中氟的平均含量

$L_1 \dots L_n$ —每个样品刻槽取样的长度(米)

$C_1 \dots C_n$ —每个样品中氟的含量(重量百分数)

F_{co} —未蚀变岩石中氟的背景含量

(2) 用下式求出矿脉中氟的平均含量(F_p)

$$F_p = 100 \times \left(\frac{L_1 C_1 + L_2 C_2 + \dots + L_n C_n}{L_1 + L_2 + \dots + L_n} \right)$$

因为矿脉中氟的背景值很低, 可以忽略不计, 所以上述公式中减 F_{co} 这一项可以省略不计。

(3) 用下式求出矿体与蚀变围岩中氟的平均含量之差(ΔF):

$$\Delta F = F_{ca} - F_p$$

ΔF 值与矿体中锡的面储量 Q_{lin} 之间的相关关系见图7。其相关系数为 $\gamma=0.39$ 。

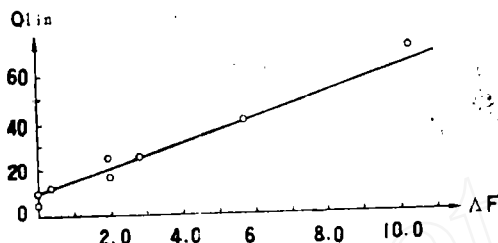


图7

(4) 用下式求矿体中锡的面储量

$$Q_{lin} = 9.2 + 5.2\Delta F$$

该式为矿体中锡面储量与 ΔF 之间的相关方程式。

计算结果与勘探验证结果对比见表3。从表中可以看出, 两者的相对误差最大为25%。因此, 其准确程度还是很高的。从这个实例中, 我们可以得到如下启发: 根据异常形成的地球化学机理, 可制定出储量的半定量, 乃至定量的评价方法。

表3

验证工程号	F_{ca}	F_p	ΔF	计算求得的 Q_{lin} 储量	勘探求得的 Q_{lin} 储量	计算与勘探结果 相对误差
CK70	10.0	8.0	2.0	19	17	12%
CK71	9.0	8.6	0.4	11	11	0%
CK115	10.0	10.0	0.0	9	9	0%
CK42	9.0	6.0	3.0	25	25	0%
CK131	11.2	0.4	10.8	64	70	10%
CK184	17.0	6.5	10.5	57	56	2%
CK125	8.0	2.0	6.0	30	40	25%
CK73	14.0	12.0	2.0	19	18	6%
CK137a	5.0	5.0	0.0	9	9	0%