

# 有色金屬及稀有金屬礦床中伴生元素 儲量計算和取样方法

O. B. 伊 万 諾 夫

計算在處理主要有用礦物的精礦過程中所能回收的伴生元素，是綜合研究有色和稀有金屬礦床礦石的任务之一。銻、錫、碲、硒、鉍、銻、銻、銻、銻、銻和鎢一般是屬於這些元素的，但是其中有些元素也形成單獨礦物。這些形成單獨礦物的元素的儲量計算並不特別困難，根據勘探工作中的取样結果，可以採用一般的儲量計算方法。當這些元素呈類質同像或機械混合物賦存於礦物主中或被主要礦物所吸收時，對於這些元素儲量的計算是比較複雜的。

目前，為了搞清有色金屬和稀有金屬礦床伴生元素的含量，特提出幾種取样方法和儲量計算方法。

為了查明伴生元素的含量，A. A. 卡連諾夫提出採取單礦物的取样法，這些礦物样品具有主要有用組分的礦物特征，一般可採取 50~100 個，在礦床各不同中段按不同的礦石類型採取。卡連諾夫計算儲量的方法，是在與伴生元素有關的主要礦物的儲量中計算這些元素的儲量。

B. H. 各阿路金認為伴生元素的儲量可以借助於數量關係來計算，這種關係是在礦床中伴生元素與主要組分之間所查明的。他介紹用一種圖表來確定這種關係，這種圖表是用組合試樣或普通試樣分析的結果來繪制的。根據研究的規律性，各阿路金建議擬制能反映這種關係特點的方程式例如  $y = ax + b$ ，如果這種關係是直線的，因此，從已知主要組分的平均品位  $x$ ，就能計算出伴生元素的平均品位  $y$ 。已經知道了主要組分的儲量並已確定了伴生元素的平均品位，就不難計算出有關元素的儲量。

И. П. 沙拉波夫，認為伴生元素的儲量可以用表明伴生元素與主要組分之間相關的關係的統計法來計算。沙拉波夫建議研究這種關係要以計算相關的係數和相關關係着手，根據所得的數值來解決關係的特征和密切性的問題。

對於計算伴生元素的平均品位，他建議採用按“平均 (Среднему)” 方程式計算方法，即：

$$y = \frac{1}{2} \left( r + \frac{1}{r} \right) \frac{\delta y}{\delta x} (x - \bar{x}) + \bar{y}$$
，這個方程式反映出主要組分  $x$  和伴生元素  $y$  的兩面直線關係。

式中： $r$ ——相關係數；

$\delta y, \delta x$ ——伴生元素和主要組分的品位均方差；

$\bar{y}, \bar{x}$ ——伴生元素和主要組分的平均品位（根據普通試樣或組合試樣的分析資料）；

確定伴生元素的儲量就是在主要組分礦石儲量中計算伴生元素平均品位，上述的計算方法是以前普通試樣或組合試樣分析為根據的。

無論上述那一種取样方法和儲量計算的統計法，都有一些對於使用上限制的地方。

如果礦床中主要金屬礦物是一次生成或多次生成的，其中一部分含有大量的伴生元素，而其餘部分無論在礦石中的品位或者在伴生元素富集方面都是很少的。在這種情形下，以採取單礦物試樣來計算伴生元素的品位比較合適。如果每個成礦期含有不同數量的伴生元素並且在礦石中這些成礦期彼此接近的，這樣，為了正確地計算伴生礦物的平均品位，必須在主要礦物的成礦期採取單礦物試樣，並考慮礦石成礦期的關係來計算伴生元素的平均品位，通常查明這種對比關係，實際上是很困難的，因為伴生元素的礦石取样很少在不同世代的主要組分中進行。

用分析組合試樣或普通試樣的方法來計算雜質的品位也不經常採用。在主要組分的礦物中伴生元素的含量幾乎總是很低的（萬分之幾，十萬分之幾或更少）。因為試樣中主要金屬礦物的數量較少（百分之幾和千分之幾），所以這些試樣中的伴生元素品位在極大多數的場合下比在純礦物中的含量要低得多。當計算試樣中的這些極低的伴生元素品位時，就不免發生由於所使用的分析方法靈敏度不高以及對於儲量計算不正確所引起的嚴重錯誤。有時這些試樣因為主要組分的品位低，在分析上一般是不能發現有伴生元素存

在的,但是在矿石中它所含的数量却是有实际意义的(如輝鉛矿中的鎳)。

在某种情形中,組合試样或普通試样分析結果能得出伴生元素的高含量,但这些数量是受到造岩矿物中类似元素的影响所引起的,因此也就没有什么实际价值。当矿石中所含伴生元素的数量可以用分析方法正确地計算出来,並且在造岩矿物中有关的伴生元素沒有大量的富集时,可以採用組合試样或普通試样的取样方法。

用統計法來計算伴生元素的儲量是基于主要組分与所研究的矿石中伴生元素分佈之間的关系,这种关系是以矿石的組合試样或普通試样为根据的。用这种方法进行計算,所得的相关系数的实值变化,可能由于分析錯誤而产生誤差,特别是伴生元素品位低以及受到了造岩矿物中含有伴生元素的影响。此外对整个矿床所計算的相關系数不能表示伴生元素与矿床的个别岩石結構地段的主要組分实际的关系;因为每个地段都有它的成矿特征性,如构造断层帶,各种岩石間的矿化接触帶,次生变化帶,矿床的側翼部分和地面风化发展帶等可以認為属于这些地段的特征。在这些地段,伴生元素在矿物中分佈有它的特征性,因此伴生元素与主要組分之間关系的密切性是不相同的,为了用总平均相关系数表示那种局部关系的影响,必須把从各区採取的試样按照符合于每个地区矿床表內总儲量的比例來計算总相关系数,在大多数情況下,划分和圈定那个地段的复杂性,实际上是办不到的,因为計算总相关系数要有适当影响儲量計算正确性的誤差。此外主要矿物中伴生元素的品位並不是不变数,而是由于沒有发现試样中主要組分与伴生元素品位变化之間的关系,在很大的限度內它是变化的。因此不要將相关法估計过高,認為这种方法是万能的。正确应用統計分析去計算在矿床里伴生元素的儲量,並不是只用一种数学方法去处理分析試样的結果。首先必須把地質、矿物、地球化学以及化学分析等实际資料,进行分析,以便判明伴生元素和主要組分的分佈規律性;根据这些分析所确定的关系採用与之相适应的数学統計法計算儲量。这种方法最終的作用应当是判明的規律性而以数字表示之。在利用統計法时須避免算术的形式,就是說要力求避免單純的以算术公式來代替客觀規律性的研究。計算儲量的相关法最好在这种情况下应用,即伴生元素数量可以用試样中的品位直接計算,在这些試样中从主要組分的含量,可以多少找到伴生元素的变化規律,以及在造岩矿物

中不含大量的伴生元素。此外,上法最好在含有同样伴生元素的金属矿物在矿石中的数量較少的矿石,以及在不同世代同样矿物中伴生元素含量沒有大的波动时才应用。

精矿試样取样法是最普遍应用的取样方法,其要点如下:

根据矿床中矿石的品級,岩石異种(自然类型)或任何其他地質現象,按照一般的原理用普通試样的副样,制成組合試样。这种組合試样經過选矿过程后,可以获得高品位的精矿試样。由精矿試样分析伴生元素的含量,並确定与所研究元素有关的主要組分含量。

組合試样必須保證有足够分析精矿的重量。从組合試样中必須能得到单矿物的产品。这种产品的純洁度取决于化学和矿物分析的方法。

精矿試样方法如下:

1. 計算那些在矿石加工时可以回收的伴生元素的儲量,因为,只有由矿石中回收的矿物与造岩矿物(和其他沒有实际价值的矿物)中伴生元素的含量在分析結果不受影响时才能加以分析。

2. 由于被分析的产品中伴生元素的富集增高,因而大大地提高計算品位的精确度。

3. 採取試样时不能考虑到主要矿物的成矿期,因为計算精矿中伴生元素的品位,就是不同世代的矿物中含量的总和,精矿中各世代矿物的对比是与矿石取样間距相适应的。

这种取样方法的缺点就是較难挑选出單純的精矿,但是利用磁法,电磁法,重液和其他分离矿物的方法可以得到单矿物的产品,对分析伴生元素是很适宜的。

因为精矿試样与单矿物产品有关,所以它的分析結果就是計算儲量的原始資料。知道了带有伴生元素的矿物中主要組分和伴生元素的平均品位,然后採用計算带有伴生元素的矿物的方法,就不难計算出伴生元素的儲量。

儲量計算可用下列公式:  $Q = \frac{C_1}{C_2} D$

式中:  $Q$ —伴生元素的儲量;

$D$ —矿物中含有伴生元素的主要組分的儲量;

$C_1$ —精矿試样(带有伴生元素的矿物)中伴生元素的平均品位;

$C_2$ —精矿試样(带有伴生元素的矿物)中主要組分的平均品位。

上述的取样方法和储量计算对于矿石成分复杂的, 金属矿物聚集程度不大和矿石中主要组分品位不高的矿床是非常适合的。计算伴生元素所需的精矿试样的数量, 要根据具体情况和对储量可靠程度的要求来决定。如果从矿床的各段采取的精矿试样, 在不太大的范围内其伴生元素的品位较均匀, 则用较少的试样(5—15)就能正确地计算出这种元素足够精确的平均品位。如果伴生元素的含量在大范围内分散, 则可靠地计算平均品位的试样数量就需要相应地增加。

研究矿石中伴生元素分布情况应从进行初步勘探工作时期开始。在这一勘探阶段, 最好用分析主要矿物的试样的方法来查明伴生元素, 这种试样是由各段未经风化的矿石的各种变相中采取的。在这一时期的工作中, 由于是普查性质, 取样是不多的, 并且

取样的目的, 就是要查明在有工业价值的矿石中有无伴生元素的存在, 以及把这些元素的品位加以初步评价。如果矿床已经开采, 就可以得到研究矿石中精矿的一些资料。根据初步研究的结果, 就可以适当地解决今后在矿床中是否进行更广泛地研究伴生元素的工作, 以及采取那种取样方法和计算储量等问题。

最后必须指出, 研究伴生元素时选择分析的方法是极重要的。分析的方法选择的不正确不仅能够导致伴生元素计算上的错误, 而且在矿物及矿石中往往不能发现伴生元素, 实际上这种元素的含量是有利用价值的。因此必须特别注意选择分析的方法。

馮文蔚 譯  
徐火盛 校

## 关于分散元素储量计算方法的探讨

邵 文 政

从地质角度来看分散元素的查定工作, 最终体现在对分散元素赋存状态查定的程度和体现在最终储量计算的精度上, 而影响储量计算的因素很多, 其中储量计算方法对储量的精度也有所影响。对初步开展此项工作来讲, 采用什么样的储量计算方法确成为关键问题。对分散元素储量计算一般有三种方法: 一为与主要元素储量计算方法相同(指本矿区储量计算方法和本矿区的主要元素), 分散元素的品位用算术平均或加权平均法计算; 二为相关法, 是用数学的方法按分散元素与主要元素的关系用统计方法计算出来。以上两种方法的品位都是组合分析的品位; 三为单矿物法, 是用本矿山开采的主要金属矿物中含分散元素的实际量分别计算, 最后汇总计算出储量。上述三种方法各有优缺点, 仅就工作中对单矿物法计算储量的体会作为选择分散金属储量计算方法的探讨。

### 一、单矿物计算储量的步骤

#### 1. 采用单矿物法计算储量的条件

采用单矿物法计算分散元素的储量, 首先要了解

单矿物法计算储量的实质。这种方法主要是解决某一种金属矿物中分散元素是以类质同象, 杂质出现在主要金属矿物结晶格子里, 在冶炼过程中予以回收。对于一种分散元素存在于几种金属矿物中则应分别计算。

#### 2. 单矿物采取个数及其代表性

根据某矿区的经验, 采用单矿物方法计算储量, 一般中型矿山每一种矿物有10~15个最多不超过20个即可解决问题。采样时一般要具有代表性, 同种矿物在分期上应严格划开, 因为各成矿期中含分散元素不同。在储量计算时, 采用平均品位来计算还是以本矿块所采取的样品品位代表本矿体的品位来计算曾经有过争论, 我个人认为后者较好。因为同一种矿物就分好多期, 每期分散元素含量有所不同, 如果混合为平均品位, 就有很大的变化。尤其是每个矿体矿量不同, 用算术品位计算矿量则出入很大。以某矿为例:

1号矿体在闪锌矿中Cd为0.42%(品位), 矿物量为23545吨;

2号矿体在闪锌矿中Cd为0.27%(品位), 矿物量为2534吨,