

有色金属矿床中分散元素的 取样和储量计算方法

〔苏联〕A. M. 卡利克等 著

蔡 长 金 译

地 质 出 版 社

有色金属矿床中伴生元素的 取样和重量分析方法

中国地质科学院地质研究所

编 著 孙 德 山

地质出版社

56.5713
170
C.2

有色金属矿床中分散元素的 取样和储量计算方法

〔苏联〕A. M. 卡利克等 著

蔡长金 译

56.576.104

地质出版社

本书介绍有色金属矿床从普查勘探到详细勘探的各个阶段分散元素的取样和储量计算方法,供我国有关地质工作人员在工作中结合实际情况参考。

本书由蔡长金同志翻译,张大国、崔桂芝同志校。

А.М.Калик Г.Г. Ключанский И.А.Смирнов
Методика опробования месторождений
цветных металлов на Ge, Se, Te, Tl, Cd, In, Ga,
Re, Sc и подсчета их запасов
Издательство «Недра»
Москва 1970

有色金属矿床中分散元素的取样和储量计算方法

[苏联] А. М. 卡利克 Г. Г. 克留昌斯基、

И. А. 斯米尔诺夫著

蔡长金译

*

地质局书刊编辑室编辑

地质出版社出版

北京印刷八厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

*

开本 $787 \times 1092^{1/32}$ ·印张 $1\frac{3}{4}$ ·字数 40,000

1972年12月北京第一版

1972年12月北京第一次印刷

统一书号: 15038新19 定价: 0.17 元

毛主席语录

中国人民有志气，有能力，一定要在不远的将来，赶上和超过世界先进水平。

抓革命，促生产，促工作，促战备。

引 言

锗、硒、碲、镉、铟、铋等分散元素在国民经济各个部门中具有越来越大的意义。利用这些元素的特性制造的新材料，已广泛用于电子技术、无线电工程、自动装置、遥控机械装置、特种光学仪器等现代技术领域。

分散元素受本身地球化学特性和客观地质条件所决定，在煤、铁、锰、稀有金属、贵金属和有色金属等矿床中比较富集。目前这些矿床是大多数分散元素 (Se、Te、Cd、In、Re、Sc、Tl、Ge) 的唯一来源。此外，有些分散元素如锗，也可以从烟煤和褐煤中提取，铋可以从磷矿原料和稀有金属矿石中提取，等等。

矿石中分散元素的存在，扩大了矿床中有用组份的组合，并提高了它们的工业价值。

有色金属矿床中分散元素的取样量大，可是还不够系统，方法也不尽一致。

矿床中各种元素的研究程度常常不同。在绝大多数情况下是对矿石进行分析，并计算分散元素的总储量，这些储量既包括富选时进入商品精矿的金属矿物中的分散元素储量，又包括进入尾矿的金属和非金属矿物中的分散元素储量；按照选入商品精矿的金属矿物来计算的情况很少，有时是按照这些精矿中分散元素的含量计算的；在许多情况下，并不是对所有的金属矿物或者它们的精矿都研究分散元素；最后，还有这样的情况，只研究矿床内金属矿物中个别的有时是非主

要的元素。

显然，这样计算出来的分散元素的储量是不可能对比的，它们的可靠性也是不同的。在这种情况下，总储量一般反映不出它们的实际价值，而按照商品精矿计算出的储量则可靠性低。

由于对矿床中分散元素的研究和储量计算缺乏统一的方法，因而使这些重要的伴生元素的工业评价和编制切合实际的全国分散元素储量平衡表发生了困难，同加工处理的矿石的综合利用有关的一系列实际问题也复杂化了。

本书的目的在于对有色金属矿床中分散元素的取样、储量计算（在主要组份的综合报告中）及其工业评价标准等方面确定一个统一的办法。

本书提到的有色金属矿床中的分散元素有：锗、硒、碲、铈、镉、铟、镓、铕和钽。这些元素在矿石和矿物中具有一定的富集和分布条件时，根据相应的工业要求，可以具有实际意义。

本《方法》适用于有色金属矿床。其基本原则可用于其他矿床的分散元素和伴生组份的取样。

本《方法》中关于分散元素的资料，只是提供了对于取样工作的正确组织、储量计算以及这些伴生组份的工业评价所必需的篇幅。

目 录

引言	
分散元素简介	1
方法部分	8
概述	8
分散元素的取样和样品加工方法	9
矿床中分散元素的取样方法	17
勘探矿床的取样	17
普查勘探阶段	17
初步勘探阶段	18
详细勘探阶段	20
开采矿床的取样	23
检查取样工作	24
分析工作	27
分散元素的储量计算	29
分散元素的储量分级	33
分散元素储量计算资料的整理	36
附表	40
参考文献	47

30467

分散元素簡介

分散元素呈类质同像杂质进入很多金属和非金属矿物的组成中，或者形成少见的独立矿物。在许多情况下，这些元素在矿石和矿物中的赋存状态还没有查明。

在有色金属矿床矿石的矿物中，分散元素的含量变化范围很宽。分散元素在最常见矿物中的一般含量已列于附表。

锆——克拉克值 $1.4 \times 10^{-4}\%$ (A. П. 维诺格拉多夫, 1963年), 由于它的地球化学条件而具有亲石、亲硫和亲铁的性质, 因此常见于硅酸盐、硫化物以及铁族矿物中。

目前已知有八十多种金属和非金属矿物含锆。锆有八种少见的独立矿物, 其中最常见的是锆石、硫锆铁铜矿和硫银锆矿。锆作为杂质存在于二十多种金属矿物中, 主要是在闪锌矿、黄铜矿、斑铜矿和辉铜矿中; 锆也含在斜方硫砷铜矿、砷黝铜矿、辉钼矿、锡石、磁铁矿、赤铁矿、硬锰矿等矿物中。

在上述有色金属矿床的金属矿物中, 对于提取锆来说有实际工业意义的, 主要是闪锌矿和铜的硫化物, 有时是锆矿物本身(祖麦勃、基普希等矿床)。已经查明在五十多种非金属矿物中有锆的杂质, 主要是在硅酸盐——黄玉、石榴石、浅色云母、角闪石、绿泥石、电气石、石英和很多对提取锆来说暂时还没有实际意义的矿物中。

硒——克拉克值 $5 \times 10^{-6}\%$ (A. П. 维诺格拉多夫, 1962年), 属于亲硫元素; 近似硫, 在硫化物的结晶格架中常常

置换硫离子。

已经知道大约八十种矿物含硒。硒本身形成的独立矿物有三十九种，但都比较少见，其中最常见的是硒银矿、硒铅矿、六方硒铜矿、硒铊银铜矿、红硒铜矿、硒铋矿、锥碲矿等等。硒作为杂质存在于四十多种金属矿物中，主要是在黄铁矿、黄铜矿、方铅矿、辉铜矿、辉钼矿、辉铋矿中；也含在闪锌矿、毒砂、斑铜矿、磁黄铁矿、硫锑铅矿、白铁矿、镍黄铁矿、辉锑矿等矿物中；硒的自然元素极罕见，主要见于氧化带中。

对提取硒有实际意义的主要是黄铁矿、方铅矿和黄铜矿。

碲——克拉克值 $1 \times 10^{-7}\%$ (A. П. 维诺格拉多夫, 1962年), 亲硫, 按化学特性来说近似硫和硒; 常常与铜、铅、铋、金和银在一起。

已知含碲的矿物大约有七十种。碲的独立矿物有四十多种, 都很少见, 其中最常见的是碲银矿、碲金银矿、碲金矿、针碲金矿、针碲银矿、碲铅矿、辉碲铋矿、叶碲矿。已经查明在二十五种以上的金属矿物中含有碲的杂质, 如方铅矿、黄铁矿、黄铜矿、辉钼矿、磁黄铁矿、毒砂、辉铋矿、黝铜矿、斑铜矿、斜方硫砷铜矿等。碲很少呈自然元素状态产出。

对于提取碲有实际意义的是方铅矿、黄铁矿、磁黄铁矿、黄铜矿和铜的其他硫化物, 碲的某些单矿物(金的碲化物等)有时也有实际意义。

铊——克拉克值 $1 \times 10^{-4}\%$ (A. П. 维诺格拉多夫, 1962年), 具有亲石和亲硫性; 化学特性一方面近似钾和铷, 在云母和长石中可取代它们, 另一方面又与铅、锰、银、铜、砷等元素紧密联系。

目前已知五百多种矿物含铊。铊的单矿物有五种——硫

砷铊锑矿、红铊矿、硒铊银铜矿、硫砷铊铅矿、阿维森纳矿，都很少见。在黄铁矿、白铁矿、斜方硫锑铅矿、方铅矿、闪锌矿、黄铜矿、雄黄、雌黄、磁黄铁矿、硫锑铅矿、软锰矿等金属矿物以及非金属矿物——长石、云母等矿物中含有铊的杂质。此外，在锰矿床的硬锰矿和褐锰矿中也发现含铊。

有色金属矿床的矿物中对于提取铊有实际意义的，可能有黄铁矿、白铁矿、方铅矿和闪锌矿。

镉——克拉克值 $1.3 \times 10^{-5}\%$ (A. П. 维诺格拉多夫, 1962 年)，亲硫，化学特性近似锌，所以经常同闪锌矿在一起。

已知五十多种矿物含镉。镉的单矿物有六种——硫镉矿、黄硫镉矿、非晶硫镉矿、菱镉矿、锥镉硒矿、方镉矿，都很少见。镉的杂质也见于闪锌矿、方铅矿、黄铜矿、黄铁矿、铅的硫酸盐以及黝铜矿中，有时也存在于菱锌矿、异极矿和某些其他金属矿物中。

对于提取镉有实际意义的，主要有闪锌矿、方铅矿和黄铜矿。

铟——克拉克值 $1.4 \times 10^{-5}\%$ (B. B. 伊凡诺夫, 1964 年)，亲硫。

已经知道铟的单矿物有四种——自然铟、硫铟铜矿 (рокезит)、铟石、氢氧铟石，在大约一百种矿物中含有铟的杂质。铟含在闪锌矿、黄铜矿、黄锡矿、锡石中，往往也存在于方铅矿、黝铜矿、磁黄铁矿、辉锑锡铅矿、硫锑铅矿、脆硫锑铅矿、硫锡铅矿、黑钨矿等矿物中。

对提取铟有实际意义的有闪锌矿、黄铜矿、锡石和方铅矿。

镓——克拉克值 $1.9 \times 10^{-3}\%$ (A. П. 维诺格拉多夫, 1962 年)，具有双重的地球化学特性，以亲石性为主；近似铝，

因此通常含在铝硅酸盐类的很多矿物中。它的亲硫性表现不够明显。镓形成很少见的独立矿物——灰镓石。镓在一百多种矿物中呈杂质出现，其中金属矿物三十种：闪锌矿、锗石、黄铜矿、斑铜矿等；非金属矿物七十种：白云母、绢云母、长石、霞石、明矾石、一水硬铝石、三水铝矿、绿泥石、电气石、石榴石、角闪石、辉石等。

对提取镓有实际意义的有铝土矿和含霞石的岩石。

铯——克拉克值 $7 \times 10^{-8} \%$ (А. П. 维诺格拉多夫, 1962年)，具有亲硫性，地球化学特性近似钼和铜。

已知含铯的矿物有五十五种以上。铯形成很少见的独立矿物——铯石 (джезказганит)，含铯 40—50%。铯作为杂质主要存在于辉钼矿中，已查明在黄铜矿、黄铁矿、硒铅矿以及某些稀土元素硅酸盐 (硅铍钇矿、硅铁铈矿、铈钇石) 中也有铯，有时在斑铜矿和辉铜矿中发现含显著数量的铯。

对提取铯有实际意义的可能有辉钼矿、黄铜矿，有时有斑铜矿和辉铜矿。

钷——克拉克值 $5.5 \times 10^{-4} \%$ (Л. Ф. 鲍里森柯, 1964年)，是典型的亲土元素。

已知含钷的矿物大约有一百种。钷的单矿物有三种——钷钇石、水磷钷石和铁硅钷矿，都很罕见。

已查明在黑钨矿、锡石、杂铌矿、磷钇矿、锆石、独居石、烧绿石、钽铀铁矿、铌钇矿、黑稀金矿、绿柱石、磁铁矿等以及非金属矿物——浅色云母、黑云母、绿泥石、石榴石、角闪石、辉石等矿物中有钷的杂质。

提取钷的主要来源是黑钨矿和锡石，以及某些铀矿物 (美国)。

※ ※ ※

根据组成有色金属矿石的矿物的共生关系，在各种不同类型的矿床中富集着一定的分散元素的组合。

镉、铟、硒、碲、铊、镓，有时包括锗，是多金属矿床特有的。在含锡的多金属矿床中，铟的含量增高；在含铜和砷的铅锌矿床中，锗和铊，有时还有硒和碲的富集程度相对偏高。

黄铜矿矿床通常含有硒和少量的碲、镉、铊、锗、镓、铟；随着其中锌含量的增高，锗、铟和镉的含量往往也增长。含铜砂岩往往含铋，其次是锗、硒和铊；铜钼矿床往往含铋、硒、碲，其次是铟、锗和铊；硒、碲可作为铜镍矿床的特征，此外还有铊、镓和锗。

黄铁矿矿床通常含硒和少量的碲、铊、镓和锗。

硫化物-锡石矿床中铟的含量相对偏高，在石英-锡石和黑钨矿矿床中则铊的含量偏高。

钼矿床中铋的含量相对偏高；此外还有少量的硒、碲、锗和镓。

锑和汞矿床中通常含铊和硒。

砷（毒砂）矿床含硒和碲；还有少量的锗、镓和铊。

石英-金矿床往往含碲；含金硫化物矿床中有时有铟、镉、铊、硒和碲。

铝的原料矿床中有镓（铝土矿矿床，明矾石矿床，霞石矿床）和铊（铝土矿矿床）；有时存在少量的锗。

※ ※ ※

在有色金属选矿时，其中所含分散元素在选矿产品（精

矿或尾矿) 中的分布情况, 依这些元素的载体矿物的富集情况而定。

锌精矿通常含镉、铟、硒、碲、铊、镓, 有时含锗;

铅精矿通常含硒、碲、镉、铊及少量的铟和锗;

铜精矿通常含硒、锗、碲、铊、镓, 有时含镉和铟;

锡精矿通常含铟、铊、钽;

钨精矿通常含铟、钽;

铍精矿一般含铟;

钼精矿通常含铟;

黄铁矿精矿通常含硒、碲、铊。

矿石中的一部分分散元素, 随非金属矿物(石英、石榴石、云母、长石等等)以及没有选入精矿中的金属矿物一起进入尾矿中。

在精矿和矿石的冶炼或化学处理时, 分散元素同样分布在各种不同的冶炼产品中。在有色金属矿石和精矿冶炼时, 分散元素通常聚集在烟尘、滤渣、矿泥和电解泥中; 一部分进入到工厂的主要产品中; 一部分在熔渣里丢失, 并随气体逸入大气之中。硫酸厂在处理黄铁矿精矿时, 分散元素聚集在矿泥和电解泥里, 但是大部分丢失在黄铁矿灰渣中。

目前从有色金属矿石的处理产品中提取的分散元素有:

锗(二氧化物)——从炼铅厂和炼铜厂的烟尘与升华物中提取, 以及从炼锌厂的威尔兹氧化物(вельцокисль)中提取;

硒和碲——从生产铅和锌的烟尘里, 从电解精炼黑铜的阳极泥里, 以及从硫酸厂的矿泥和电解泥里提取;

铊——生产铅时从烧结和熔炼的烟尘中, 从炼锌厂的铜镉滤渣和焙烧烟尘中, 从净化镉电解液得到的滤渣中, 以及

冶炼镉的熔渣中提取；

镉——从炼锌厂的烟尘和滤渣中提取；

铟——主要从烟筒的烟尘、阳极泥、铜镉和抛弃的滤渣，以及在加工锌精矿时得到的水合沉淀物中提取；

铈——从焙烧钼精矿（有时是铜精矿）得到的烟尘中提取；

镓——主要从生产铝的残渣中提取，也与铟和铊一起从锌精矿的加工产品中提取；

铊——从熔合黑钨矿和碳酸钠时所形成的铁锰滤渣中用浸析法提取，以及从净化金属锡时所获得的电解泥中提取。

方 法 部 分

概 述

1. 在地质勘探工作的各个阶段中，有色金属矿床中分散元素的研究、取样和评价，应与主要组份的勘探同时进行。对分散元素研究不够充分的矿床，要进行专门的检查工作。

2. 在对有色金属矿床中的分散元素进行研究、取样和评价时，必须考虑到如下几点：

（1）分散元素无论在有色金属矿石开采或是在冶炼及化学处理时，都是伴生组份，因此只有在主要组份具有工业意义的矿床中，它们才可能有实际意义；

（2）有色金属矿床中的分散元素包含在各种各样的金属矿物和非金属矿物中。可能具有实际意义的只是进入商品精矿的金属矿物中的分散元素，或者是不经过选矿而直接进行冶炼或化学处理的矿石（其生产技术目前已经掌握）中的分散元素。

未选入商品精矿而是进入尾矿中的金属矿物和非金属矿物中的那些分散元素，目前尚无实际意义。

因此，有色金属矿床中分散元素的工业价值取决于把它们顺便提取到主要组份精矿中的可能性，也取决于它们在冶金和化学处理产品中富集的程度（从这些产品中可以有利地提取它们）。

(3) 分散元素在冶金或化学处理产品中的聚集, 不取决于它在加工处理的矿石或精矿中的含量, 因此在矿床中只要达到可以用化学分析或光谱定量分析足够可靠地测定的最低含量, 就可予以考虑。

(4) 由于分散元素在矿石中分布不均匀、取样的详细程度比主要组份差, 以及现有的许多分析方法的准确性相对不高等原因, 分散元素的储量计算通常计算到 C_1 和 C_2 级, 这对于作为伴生组份的工业评价来说是足够的。

(5) 根据有色金属矿床中矿石取样结果确定的分散元素的储量, 既可以同金属矿物相联系, 也可以同非金属矿物相联系, 因此应当从其中划出具有工业意义的储量, 即包括在精矿的矿物中或在不需选矿而可直接进行冶炼或化学处理的矿石中的那部分储量。

分散元素的取样和样品加工方法

3. 矿床中分散元素的取样, 同主要金属组份的取样同时进行。

为此可利用为测定有色金属含量而采集的一般样品 (或其副样), 由一般样品组成的组合样或合并样、专门挑出的单矿物样、单矿物的实验室精矿以及工艺样品的精矿。

对于已勘探和开采的, 但对分散元素研究得不够的矿床的取样, 可以利用为主要组份所取的一般样品的副样。在没有副样或副样不可能利用的情况下 (样品氧化、矿石中分散元素的含量低、编录保存不好等等), 应重新取样。

在进行选矿的开采矿床中, 应对选矿厂的精矿和尾矿进行取样。

一般样品 (刻槽样品、岩心样品、方格样品、炮眼样品)