



矿床普查勘探中的 矿物学方法与准则

目前,苏联用于寻找新矿床的费用,占整个地质投资的60~65%。

在普查工作中,矿物方法和标志,长期以来就是非常重要的。前几个世纪和本世纪的前期,主要的有色和稀有金属矿床都是靠漂砾、堆积物、碎屑物、氧化带和风化壳矿物以及重砂矿物发现的。但近几十年来情况发生了根本的变化,其原因是:

- 1.随着全国范围内较详细的地质填图和普查工作的展开,容易找到的和出露地表的矿床越来越少了。

- 2.含有微观的、有时肉眼看不到的矿化的新矿床工业类型(岩浆矿床、交代矿床、网脉矿床、层状矿床、沉积-喷发矿床等),在世界资源平衡表中的作用越来越大。

- 3.已经成为找矿工作组成部分的物探、特别是化探方法,取得了重要进展。化探样品取样简单,光谱半定量分析速度快,同时从事化探填图也不需要技术水平很高的人员,因此使这项工作得到了迅速、广泛的推广。

由于上述原因,对直接的矿物找矿方法不够注意了,矿物分析的工作量大大缩减,有些地区连诸如漂砾-冰川法甚至重砂法这样的找矿方法都放弃使用了。同时,广泛采用的地球化学填图,每年发现数以百计的异常,解释和钻探验证这些异常则要用好多年,花费几百万卢布,然而根据这些异常发现矿床的效果是不高的。

当前,矿物学、地球化学和地球化学找矿存在着严重的脱节现象。近年来,主要是由于结晶学、固体物理学和物理化学的迅速发展,以及一系列新的矿物研究方法的出现,使得矿物学本身发生了根本的变化。这些研究方法给从矿物及其共生组合中获得新的信息,开辟了广阔的前景,这些信息对于

矿床的找矿极为重要。假如把储存在矿物本身中的信息与开展化探找矿时从地球化学晕中得到的信息作一比较,则不难看出前者是更丰富的。事实上,根据化探样品的光谱分析资料研究地球化学晕时,我们所得到的只是岩石中一些元素的含量。而研究岩石或矿体中的矿物,则可以从矿物的形态和显微形态、化学成分、微量元素的存在及其指示比值、显微硬度、结构特征和物理性质(颜色、萤光光谱、半导体性质、静电性和磁性)等方法,获得极其宝贵的信息。这些性质对成矿介质成分的变化,都有极为细微的反映。在许多情况下,用普通的方法就可以查明微量元素的 $10^{-3} \sim 10^{-8}$ 级的含量变化。因此,现代矿物研究方法,如果它能够作到简便、快速和廉价的话,就可能成为提高地质勘探效果的一个最重要的因素。这并不是要把地球化学方法与矿物方法对立起来,而是要把它们与其他方法(地质、岩石、构造、物探)真正合理配合使用。

为了确定矿床找矿、评价准则和矿物找矿方法而从矿物中获得信息所采用的一整套研究工作,最好叫做找矿矿物学。它的理论基础是有关矿物标型、指示矿物、共生组合、床矿分带、围岩的近矿与矿上蚀变以及表生带中金属矿物和伴生矿物的性状等学说。找矿矿物学是介于矿物学与矿床学之间的一门边缘学科,是找矿勘探工作的一个组成部分。

找矿矿物学包括以下几方面的任务。

- 1.对基岩和堆积物的重砂、人工重砂进行矿物分析,以获得圈定找矿区所必须的信息

多年来,所有生产实验室所从事的矿物分析,目的都在于确定样品的矿物成分和定量评价次生金属矿物。所得结果与化探异常

一起标绘到地质图上,由此指出进一步详细工作的地区。近年来在矿物标型方面所取得的成就,使矿物分析所能解决的问题的范围扩大了。

(1) 根据堆积物中的碎屑、重砂或人工重砂中的矿物颗粒确定矿床或岩石的建造类型,判断是从哪里剥蚀来的。应当考虑到,同一个金属矿物,可以作为副矿物见于岩石中,也可以见于该矿物具有很大实际意义或明显没有实际价值的建造中。为了解释地球化学异常和进行重砂找矿,我们不知花费了多少劳动和资金,而结果查明的却是一些没有价值的矿点!对锡石来说,根据标型特征(颜色、晶形、杂质元素)确定建造的归属问题,早已解决了。根据X荧光光谱可以很简单地区分出夕卡岩、云英岩、石英脉和金矿及其他矿床的白钨矿。根据密度很容易确定铌铁矿—钽铁矿组矿物中钽的含量,这对寻找钽矿床具有头等重要的意义。荧光法能够把金伯利岩筒中的金刚石与冲击金刚石区分开。根据磁铁矿、磷灰石及其他矿物中的杂质,可以判明它们是从哪一类岩石和矿床带来的。根据杂质元素和某些物理性质,区分含金的黄铁矿及与金毫无关系的黄铁矿,是一个非常重要的任务。

类似的矿物还可以举出许多。从分析重砂的矿物组合,可以得到有关矿床成因类型的大量信息。例如重晶石与氟碳铈矿或氟碳钙铈矿一起产出,证明区内存在工业上非常重要的萤石—碳酸盐—重晶石—氟碳铈矿建造的稀土金属矿床。斜锆石、磷灰石和钛锆钽矿一起产出;烧绿石与斜锆石或钛锆钽矿一起产出,都预示着碳酸盐岩的出现。而烧绿石与水锆石或氟铈镧矿在一起,说明有含钽、铌矿化的长石交代岩发育。

(2) 确定新的找矿标志 标型矿物本身,或者它的个别标型特征,或者某些矿物的组合,都能起到找矿标志的作用,如所周知,如果重砂当中存在镁铝榴石,就常常可以找到含金刚石的金伯利岩岩筒。难道就不能用类似的方法去寻找别的矿吗?比方在寻找稀有金属伟晶岩时,疏松层内有锂辉石、钽铁矿—铌铁矿和锡石富集,但锂辉石迅速被破坏,不能搬运太远,钽铁矿—铌铁矿组

的矿物性脆,搬运时易受磨损;锡石则较为稳定,在距原始来源地3~4公里的地方仍可发现其矿物颗粒。这时,伟晶岩如果含钽,则锡石中 Ta_2O_5 和 Nb_2O_5 的总量将剧增,而且钽含量高于铌。因此,根据锡石就可以判明伟晶岩中出现钽矿化的可能性。又如,古老变质岩层中的层状铅锌矿规模十分巨大;如果这种矿床的矿体是盲矿,它就常含有含锌的尖晶石,当然也就会在重砂中出现,故可以作为指示矿物。伟晶岩中的电气石的颜色,能够表征与各种稀有金属矿化有关的某些成矿过程。电气石也是热液锡矿化的指示矿物,因为锡石—硅酸盐建造的电气石总是含锡的。同样,夕卡岩中的含锡石榴石也可以作为此类矿床出现锡石的一个标志。

作为用于找矿的指示矿物来说,最重要的是它的指示特征应是明显可见和易于确定的。矿物的颜色就是这样的一种特性。伟晶岩中的玫瑰色和紫色矿物(云母、电气石、绿柱石等)是锂、钽和铯矿化的标志;花岗岩中的绿色长石(天河石)和棕绿色云母(铁锂云母)可以指示硅铍石矿化。

(3) 根据重砂、人工重砂和堆积物中的矿物确定找矿远景地区 许多矿床总是产在成分固定的岩层、侵入杂岩体或其某一个岩相。根据容矿岩石的典型矿物,就能够预测矿床,并大致圈定矿床可能出现的地区。大家知道,稀有金属伟晶岩总是赋存在变质作用的堇青石—角闪石相岩石中,而含云母的伟晶岩则见于石榴石—角闪石相。前者特征的指示矿物是红柱石和堇青石或堇青石与十字石,同时稀有金属伟晶石田发育地段的堇青石通常都富铍。而含云母的伟晶岩,指示矿物则是兰晶石和一定成分的石榴石。近年来查明了许多碱性花岗岩的含矿性。这种碱性或弱碱性的含钽岩体,除烧绿石、铌铁矿和褐钨铌矿外,水锆石、氟铈镧矿和水晶石型的铝磷酸盐的含量也明显增多,有时介于钠闪石与钠铁闪石之间的过渡成分的氟钠钙石和碱性角闪石也增多。重砂、人工重砂或薄片中出现这些矿物,就可以把不含矿的岩体与含矿岩体区分开。断裂附近的长石交代岩也有类似情况。有一种很重

要的新类型矿床,就是碳酸盐岩及与其伴生的 镁橄榄石—磁铁矿—磷灰石岩石,它们都是超基性—碱性侵入杂岩的一个组成部分。这些杂岩已知包括霓霞岩和黄长岩类。这种杂岩的霓霞钠辉岩—霓霞岩岩系中的造岩矿物,具有特殊的标型特征,可用来预测与其有关的含矿碳酸盐岩。黄长石、钛榴石、磁铁矿+磷灰石、钙钛矿—钛铌铁钙矿—拉普兰矿、钙钛矿、钛铌矿等对于寻找碳酸盐岩的指示作用,也还没有给予足够的肯定。

2. 评价侵入杂岩体的含矿性, 查明各类矿床与杂岩的联系

这个问题最好是与矿物学、岩石学和化探方法配合解决。在评价花岗岩类杂岩体及其成矿专属性时,这个问题更尖锐地提出来了。现在,对花岗岩类的非均质性是无人怀疑的了。因此,确定花岗岩含矿性的标志,在此基础上划分出与各种矿化有关的侵入体,是十分重要的。

就目前研究的结果,评价花岗岩的含矿性有以下几种途径:

——以测定不同侵入相花岗岩中的金属元素含量,计算元素的富集系数和指示比值为基础的纯地球化学方法。

——采取人工重砂,根据一整套副矿物及其中微量元素的含量、矿化的指示矿物(如黄玉等)或证明花岗岩是不含矿的矿物(如斜石和奥长石增多)的存在,来判明花岗岩的含矿性。

——根据花岗岩的暗色组分(主要是黑云母)评价花岗岩类的含矿性。根据黑云母中杂质元素的含量,可以评价花岗岩的含钽性,并解决一系列其他问题(如确定岩体的剥蚀程度)。对碱性花岗岩类而言,钠闪石—钠铁闪石系列的碱性长石也可以指示其含矿性。

应当指出,含矿岩体及其周围的外接触带交代岩,以及侵入体上方的矿体(矿脉、网状脉、交代矿层)和与其伴生的岩脉群,都是统一的含矿岩浆体系。这个情况可以解决互相关联的两个问题:根据侵入体上方的地质体,确定未出露地表的母侵入岩的性质及其含矿性(比方,根据石英中锡石和黑钨

矿钽、铌的含量,预测花岗岩中是否有钽矿化),或者是根据花岗岩的矿物和化学成分,估计其上方或附近赋存某种金属矿床的可能性。

3. 在地质填图过程中, 通过详细研究矿物及其组合, 划分出有希望找到矿田、矿床的地段

这里要解决的问题有两个:

(1)在矿田范围内,确定能把区域变质、交代作用与局部出现的类似过程区别开的准测。例如,根据微斜长石中杂质元素的比值($Na:Rb$, $Ba:Rb$)和其三斜度,可以区分出与长石交代岩中的稀有金属矿化有关的微斜长石及区域上发育的不含矿的微斜长石。黑云母化、白云母化和绢云母化、钠长石化、绿泥石化、电气石化、黄铁矿化、冰长石化等作用,也有类似情况。热液矿田范围内发育的绢云母及其他水云母,通常具有稀碱含量增高、黄铁矿的 $Ni:Co$ 增大、电气石含锡增多等特点。总的来说,尽管分析岩石和发现化探异常,要比测定矿物中的杂质元素简便得多,但后者的信息要多得多,而且更可靠。

(2)根据矿床上部生成的特殊的矿物组合,查明隐伏矿化。苏联召开过两次专门讨论隐伏矿化找矿问题的会议,对产在各种地质构造条件下的每类矿床,都有其矿床预测的方法和准测。与此同时,也可以采用矿物方法。对许多稀有金属矿床来说,根据地表出现的大量含铯矿物(特别是萤石和黄玉),以及这些矿物(白云母,尤其是铁锂云母)中铯含量猛增,就可以判断有隐伏矿化存在。这个情况很有价值,因为在进行地球化学填图时,像铯这样的重要指示元素,用普通的光谱方法是不能测定的。对产在基性岩中的稀有金属伟晶岩来说,含锂的角闪石就是这样的指示矿物,它以其浅蓝—淡紫色而引人注目。根据长霓岩化的程度和长霓岩中锆石、钽石等的出现,就可以推测深部有含矿的碱性岩体存在。仔细研究矿体上部的黄铁矿也非常必要。这种黄铁矿生成于硫化矿床的上方,距矿体可达100多米远。总之,详细研究金属矿床矿上晕的矿物标型特征,是一个很有前景的新方向。

4. 根据氧化带和风化壳矿物评价已发现的矿点

许多硫化矿都是根据颜色鲜艳的氧化矿物找到的。研究褐铁矿的淋蚀空洞和构造,有助于了解原生硫化矿的成分。不仅如此,在寻找与风化壳有关的镍矿和铝土矿及其他矿产时,研究表生作用和矿物,也有一定意义。在这种情况下,掌握风化剖面各个带的矿物学是很重要的。在评价稀有金属矿床露头方面,近几年也积累了有价值的资料。例如,伟晶岩中出现许多黑色被膜和氧化锰的松林石,有时生长着伟晶岩矿物的细粒集合体(特别是砂糖状的钠长石),以及铁、锰磷酸盐的大量出现,这些都是稀有金属矿化的极有利的找矿标志。最近查明,在许多弱碱性花岗岩岩体和长石交代岩中,铍矿化(主要是日光榴石)广泛发育。这种矿化以往被忽略了,原因是矿床露头上常有褐铁矿化和锰化带,它们具有典型的三角形淋蚀空洞和骸晶构造。研究碳酸盐岩矿床露头也获得了许多的资料,尤其是在它们受到强烈的铁白云石化,并有风化壳发育时,常表现为富含磷、铈和稀土的疏松的褐铁矿化散砂。许多情况下,富含磷灰石的碳酸盐岩,在其露头上有一种特殊的深绿磷灰岩矿石(如芬兰的索柯里矿床),以往甚至把它当成了玉髓。当风化作用发育时,热液型的氟碳铈铀矿或氟碳铈矿矿床很容易被忽略,因为在露头上常常变成浅黄色、奶油色的散砂,它们富含褐铁矿、铈石、复杂的磷酸盐及重晶石。遗憾的是,这几年对这种有效的直接找矿标志,仍未引起足够的重视。

5. 根据矿物及其集合体的标型特征否定已发现的无望矿点, 从中选出最有远景的矿点

这项任务只有与矿物学、地球化学方法紧密配合才能顺利完成,最好能采用核物理分析方法。前几年,在一些火山玻璃中发现铯相当富集。运用野外核物理仪器(能够测出天然岩石露头上铯的含量)和类似的实验室仪器,很快就圈出了所有火山玻璃中铯矿化发育的地段,并进行评价。运用这种仪器,同样可以根据伟晶岩的长石、云母中铯和铷的含量,划出可能赋存有铯榴石的最有

远景的矿体。活动式的矿物一分析实验室对开展这种工作也很有效。一般根据钾长石中的碱(K_2O 、 Na_2O 、 Rb_2O 、 Cs_2O)及其含量,可以发现伟晶岩体,并划分出其中最有利远景的地段。同样,可以根据云母中锂的含量及副矿物成分,圈出稀有金属和天河石花岗岩。运用矿物准则,同时采用核物理方法,能够在野外快速而有效地进行矿点评价。

6. 根据一系列标型特征, 确定矿体的剥蚀程度及其深部的远景

这个问题作者已有专文讨论过了。这里要强调的是,现在涌现出了解决这方面问题的若干新方法。尽管某一种方法不一定都能得出一致的结果,但几种方法配合使用,就可能得出令人信服的数据。所有这些方法,都是以垂直剖面内存在着一定的温度、压力落差,组份活度、挥发份、成矿介质的酸碱度和氧化还原电位的变化为基础的,结果就造成了垂向上矿物组合、围岩蚀变和矿物标型特征改变。

判断矿体剥蚀水平及其远景的标志主要有以下几个:

(1) 根据占优势的晶形和其分带特征随深度加大而有规律的改变,即以晶体形态分析为基础,对锡石作了深入的研究。近几年对辰砂、萤石、自然金和黄铁矿等也进行了研究。

(2) 矿物中杂质元素的成分及其含量和比值随深度增加而变化。对于许多矿物来说,这种变化用普通的光谱半定量分析或快速核物理方法就能查清;另一些矿物(如石英),这种变化甚小,必须采用特殊的方法。

(3) 矿物中挥发组份的含量及其比值的差异。

(4) 矿物中(包括硫化物)化学计算的阳离子—阴离子比值变化,这影响到矿物的导电性和半导体性质。

(5) 不同价态的阳离子(包括 Fe^{2+}/Fe^{3+})比值。穆斯鲍尔光谱的进展,相信这些比值将快速、可靠地被测定出来。

(6) 气-液包裹体均化温度的测定。由于存在着一定的地热梯度,这种温度将随着

深度的加大而增高。

(7) 从金属矿床垂直分带的角度, 分析矿物共生组合。

(8) 在一定的剥蚀水平上, 研究围岩的近矿蚀变。

要想几种方法配合而又得到一致的可靠结果, 还有许多工作要做, 尽管如此, 在实际工作中应用这些方法无疑可以成倍缩减勘探工作量, 节约几千万卢布的资金。

7. 探索矿物找矿方法, 合理配合运用矿物、地球化学、地球物理及其他类型的研究工作

除了传统的重砂方法, 研究岩石和矿石的人工重砂, 样品、碎屑物、堆积物、漂砾的矿物分析之外, 用于找矿的新途径还可以举出下面几种:

(1) 以矿物中的辐射晶缺为基础的方法 包括石英在内的若干矿物, 具有非凡的“记忆力”。例如, 假如石英当中有某种放射性矿物, 则在后者的附近产生辐射晶缺。如果放射性矿物发生蜕变, 石英与放射性矿物颗粒在下一步的地质史中将被隔离开。而石英在几百万年后仍“记忆犹新”, 不定什么时候就出现在与放射性矿物的接触带上。根据这个原理, 当然就可以作为一种找矿方法来运用, 何况石英中的辐射晶缺很容易用电双磁共振法来测定。

(2) 爆裂法 对寻找石英、白云母和其他矿床是一种有效的方法。它的道理是, 在矿田范围内, 围岩多次受到各种溶液的作用, 致使在这些岩石的矿物中出现许多次生包裹体, 而远离矿田的矿物中则没有这种包裹体。在专门的仪器上记录破裂曲线, 就能轻而易举地圈出矿田, 并可找到盲矿。

(3) 热记录法 这个方法是将岩石作热分析, 并拍摄下分析曲线。由于矿体周围和其上方的围岩(石英岩、基性岩、云英岩等), 通常都不同程度地受到蚀变(黑云母化、白云母化、绢云母化、绿泥石化), 因而它们的温度曲线就与未蚀变的背景曲线不同。

(4) 热发光法 该方法的道理在于, 矿田范围内的岩石多次受热, 因而其热条件就与远离矿体的不同, 表现在热发光曲线上也就不同。尽管该法远不能显示出明确的结果, 也不是唯一的一种方法, 但在一些情况下, 根据热发光曲线可以判断需要进一步做工作的盲矿体。

在这里, 有必要强调一下О.Д. 列维茨基的一句话, 他说: “应当反复提醒这样一个人所周知的真理: 没有哪一种方法能够包医百病, 各种方法配合使用, 才是成功的秘诀。”地球化学和矿物学的紧密配合尤其重要。近年来在这方面做了一些尝试。其中值得注意的是重砂—地球化学法。曾经作过实验, 在重液中分离地球化学样品, 样品的轻、重两级送光谱分析, 重矿物级同时进行矿物研究。有人研究了水晶矿体上部的汞晕分布, 查明矿体附近的汞是以硫化物形式存在, 一部分呈类质同象进入别的矿物; 另外还有以氯化物形式存在的汞。离矿体一定距离, 汞的硫化物消失, 但氯化物形式依然存在, 同时还有自然汞。离矿体再远一些, 只见到自然汞蒸气, 后者也向所有的渗透性增高的带运移。由于汞赋存的各种矿物形式很容易根据升华温度来鉴别, 所以不单要根据汞晕找盲矿, 更重要的是根据晕中汞赋存的矿物形式来找矿。

以上仅举出了合理配合运用地球化学与矿物学方法的几个例子。毫无疑问, 对于不同的地区和矿床类型, 必须制定各种找矿方法的合理配套方案。与此同时, 还要充分发挥矿物学在找矿中的作用。上面举的一些例子, 多半是根据作者比较熟悉的稀有金属矿床研究结果提出来的, 但这些问题是有普遍意义的。广泛地、正确地开展矿物研究, 即便是在今天, 就能用最少的费用使找矿效果大大提高, 这已经是不容怀疑的了。

鲁宁 摘译自: 《Записки всесоюзн. минералог. обществ.»,
1978, вып.4, стр.385~397
作者: А.И. Гинзбург