分散元素地质工作几个問題的探討

周长龄　　刘蔭桐

目前分散元素地质工作尙无統一的規范可循，其中許多問題都还沒有肯定意見，現就分散元素地质工作的几个基本問題，提出我們一些粗浅的看法，来同大家一起探討。

一、当前分散元素地质工作方向问題

分散元素通常包括銦、鍺、鎵、鉈、硒、碲、鎘、銖、鈧、鉿、銣等11个元素。它們的克拉克值并不算太低（鍺、鎵、硒、鉿、銣的克拉克值均比錫、鉬还高很多倍），但在自然界中，它們很少形成独立的矿物，有时虽能形成独立矿物，也极少能富集成可供单独开采的矿床。它們主要是呈杂质形式分散在有关岩石、矿物中，其含量一般在十万分之几以下。如果单独处理这些含分散元素非常低的矿石，在經济上是极不合理的。因此，当前分散元素的工业生产，只能从属于有关金属的生产。所以現在絕大部分分散元素是从其它矿产中順便回收的。

分散元素的地质工作，必須根据生产实际来考虑，要針对順便回收这一特点进行安排。但有的单位对此认識不足，认为分散元素既是稀有的，看到矽卡岩的柘榴子石中含鍺比一般金属矿床矿石中的鍺含量还高，就当成鍺矿进行勘探；有的还勘探过花崗岩造岩矿物中的鎵；也有不考虑采、选、冶的生产成本，只看到分散元素产值高，而将有色金属矿床以分散元素为主进行勘探。这样，都会造成浪費和損失。

从上述认識出发，我們认为当前分散元素地质工作的对象，首先应該是生产、建設矿山，以及正进行評价或勘探的矿区，而不是对主金属工业价值尙未肯定的矿区。分散元素的找矿工作，不是为了找单独的分散元素矿床，而是找那些在主金属加工中分散元素可以形成工业富集的矿床；找的也不是单独的分散元素矿石、矿物，而是寄居着分散元素的其他有用矿物。

这絕不是說在任何情况下都不应該进行对单独分散元素矿床的找矿工作。最近就不断有新的分散元素矿物或矿床的发現，要密切注意这些情报和动向。但从当前要求来看，还应首先侧重于伴生分散元素的找矿和查定工作。

二、伴生分散元素地质工作的必要性

有人认为伴生分散元素的綜合回收是冶炼部門的事，采、选部門都无能为力，更不需要做地质工作，即或做，也可以馬虎一些。这种說法是不对的。分散元素地质工作不仅要做，而且要有合理的做法，要有系統的采样、化驗，也要有細致的地质研究，并計算出分散元素儲量。这是因为：

（一）分散元素是一些新型材料的原料，为了回收分散元素，只有确切地掌握了各矿区分散元素的品位和儲量，国家才能根据需要的緩急，有計划地安排这些矿山的基建和生产。

（二）在分散元素資源不清的情况下，主金属不能分采、分选、分运，为綜合回收創造必要的条件。一个冶炼企业的矿物原料常来自不同的矿区或区段，其分散元素的含量各有不同，这就必然使分散元素的

及时地进行伴生元素研究工作。科研单位今后虽然仍要担負对伴生元素研究的重要任务，但因科研力量毕竟有限，除了一些技术上較为复杂的問題外，大部分的伴生元素研究工作还要靠勘探队自己去完成。当然，勘探队与科研单位紧密协作、交流經驗，仍是十分必要的。

伴生元素地质工作的任务是艰巨的，特别是化驗分析、岩矿鑑定等，技术比較复杂，有的在方法上还不太成熟，有的技术上还沒有过关。但只要我們坚决貫彻执行自立更生奋发图强、的精神，敢于实践，不怕困难，并把革命干劲同科学态度結合起来，是一定能够取得更大成績的。

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

回收量极不均衡，以致无法安排生产計划。

（三）如果地质資源不清，冶炼企业搞不清矿石原料（精矿）中分散元素眞实含量，则对分散元素的回收率計算，也只能从火法冶炼后分散元素半成品算起，这就无法检查和监督火法冶炼过程中的回收率，不利于工业生产水平的提高。

（四）不掌握分散元素的品位和儲量，就不能合理地确定綜合回收流程。冶炼过程中强化某些技术条件，常使主金属和分散元素产生相反的效果，如高溫易使鉈揮发完全，但不利于鉛，只有对精矿中鉈的含量有了了解，才能合理的安排冶炼条件；黃鉄矿中的硒、碲在不同矿床类型中常有很大的差异，只有确切掌握其含量，才能确定制酸过程中是用酸洗，还是用水洗。因为品位极低，用酸洗常是得不偿失的；若为合理回收分散元素增設新的貴重設备，甚至建立新的車間，就更需要搞清分散元素的品位和儲量。

三、伴生分散元素地质工作阶段的划分

有人主张同主金属一样，把分散元素地质工作划分为初步找矿、詳細找矿、初步勘探、詳細勘探和开发勘探等几个阶段，并提出从主金属初步找矿阶段起，就进行分散元素地质工作。我們认为，首先应該肯定分散元素是伴生組分，只有当主金属經找矿、評价而被肯定有勘探价值后，才有必要进行分散元素地质工作。因而不能套用一般矿产的勘探程序。

我們认为分散元素地质工作一般可包括查定（初步工作）和評价（詳細研究）两个阶段。

（一）查定阶段：

在新区，对分散元素的查定工作，应在主金属詳細找矿的后期和初勘时进行；在生产或基建矿山需要补做分散元素地质工作的，其查定工作，应在补做分散元素地质工作的初期就开始进行。这个阶段的主要任务是，确定分散元素的工业价值，确定有无必要进一步做分散元素地质工作，如果肯定要做，还要提出下一阶段取样和儲量計算的方法。这个阶段要搞清含什么分散元素，含多少，含在哪里；編出分散元素在各种矿物中初步平衡表；搞清分散元素是在金属矿物中呈类质同像混入物，还是在非金属矿物中呈类质同像混入物；是呈細小独立矿物的机械混入物，还是被胶体矿物吸附的混入物。

这是一个工作最复杂的阶段，也是最关鍵的阶段。現行的化驗方法常常达不到应有的精确度，为避免化驗不准而造成錯誤評价，地质人員应熟悉分散元素化驗的基本知識，并与化驗专业的同志配合，选用灵敏度高的化驗方法。地质人員还須熟悉一般分散元素的富集規律，了解各分散元素在各不同矿床、成矿溫度、成矿期、成矿区的成矿特征，以便驗証現行灵敏度低的化驗成果，来指导查定工作。

（二）評价阶段：

对新矿区来說，分散元素的評价工作，应在主金属勘探期間进行；对生产矿山来說，应在补做分散元素地质工作的后期进行。本阶段应进行系統采样和化驗，并进行地质研究，要計算分散元素的儲量。这个阶段要采用准确度高的化驗方法。

四、工业技术指标问題

过去鉛、鋅矿儲量規范和有关文件都規定，当矿石中分散元素品位达到一定要求时才有价值。但在生产中，其分散元素不够品位的矿石，随着主金属的选、冶，分散元素也順便富集和回收了，实际成为提取分散元素的主要原料。而这些矿山的分散元素地质工作，多由于上述規定而中途停頓，資源不清，使冶炼部門非常被动。因此，应对工业指标問題做一些新的考虑。我們建議：

（一）确定分散元素品位的标准，要看分散元素在有用組份矿物中或精矿中的含量，而不能用矿石中的含量做为标准。例如，輝銦矿——石英类型的矿石中，銦的含量仅有千万分之二，而輝銦矿矿物中銦含量却富达万分之二，为矿石中銦含量的一千倍，常被当做銦的重要原料資源加以利用；其它如鋯英石矿物中的鉿、錫石矿物中的銦，均比其矿石中的含量高出500倍左右，并已在实际生产中回收利用。所以我們必須从实际出发，不应一味追求矿石中分散元素的高含量，而应以有用組分矿物或精矿中分散元素的含量，做为划定工业指标的主要依据。

（二）在有用組分矿物或精矿中，也不宜机械地規定分散元素的下限品位。我們认为凡是現有分散元素提取流程能处理的有用矿物或精矿，或相类似的矿物成分的矿床，只要主金属有价值，一般均应进行分散元素地质工作，并計算出相应的地质儲量。这是因为这些分散元素不管其品位高低，总是要在主金属冶炼过程順便富集。虽然精矿中分散元素品位低，有时会影响分散元素产品中的含量，但在多数情况下，这些含量偏低的分散元素半成品，可以在主金属冶炼过

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

程中返复处理，最終成为合格半成品，送到下一流程提純，只不过回收率偏低一些罢了。

五、采样和儲量计算方法的选择

采样和儲量計算是分散元素地质工作的主要部份，其方法是否正确，将直接影响效果。分散元素不单独开采，也不单独圈定矿体，沒有加密勘探工程問題，所以它的勘探程度取决于主金属的勘探程度。由于含分散元素的有用組分已在勘探过程中計算出来，因而分散元素地质工作的实质，就是搞清有用組分矿物、精矿、矿石中分散元素的质量和数量。分散元素地质工作成果的好坏，主要看采样、化驗、儲量計算方法是否合理，做的是否准确。

分散元素取样和儲量計算的方法很多，但各有各的局限性，应根据具体情况灵活选用。

（一）組合样品（或普通样品）法：

在查定阶段常用此法查明矿石中分散元素的总含量，并据以研究其分布情况。在評价阶段，可用此法查明那些不需选矿而直接入炉的矿石(如鋁矿等)中，分散元素的含量；或在分散元素主要富集于一种有用組分中，也可采用此法进行取样分析。采用組合样品法須具备一个前提条件，就是矿石中分散元素含量，必須大于当前化驗灵敏度所能反映出的最低含量。

在用組合样品法取样时，可以选用地质块段法計算分散元素儲量。

（二）单矿物法：

在查定阶段，可用以查明分散元素在各种有用矿物和造岩矿物中的含量，从而編制矿石中分散元素分布平衡表，搞清分散元素和主金属之間的对比关系。但在評价阶段很少采用。因为分散元素常同时富集在几种有用矿物中，或是同一矿物的不同世代中。要統計各种有用矿物和不同世代矿物的含量很困难，特别是当矿物顆粒細小、嵌布紧密的情况下，常常耗費庞大的工作量而得不到合格的单矿物样品（一般要求矿物純度达90—95%、杂质少于10%）。这种方法只有在有用矿物单一、世代簡单、矿物顆粒粗大的情况下才用为基本方法。

（三）实驗室精矿法：

它广泛的适用于評价阶段。用基本分析的副样組成組合样品，按选厂将来所要采用的流程（在勘探阶段用可选性試驗流程），在实驗室进行小型选矿，得出相应一种或几种精矿，再分别化驗其中主金属和分散元素的品位，按主金属儲量矿块来計算分散元素儲量：

$$Q=\frac{C_1}{C_2}\cdot p$$

Q——分散元素儲量；

p——主金属儲量；

C_1——样品中分散元素品位；

C_2——样品中主金属品位。

为保証送往化驗的精矿样品重量，应按选矿回收率推算出組合样品的最低重量，确定組成組合样品的普通样品数量。在分散元素品位变化不大时，可按主金属儲量計算矿块組合。

这种方法可以应用于絕大多数需要选矿的矿山，由于它还抛除了賦存于造岩矿物中不能回收的分散元素部分，而使計算出的儲量恰与冶炼企业进厂原料相符；同时采样少、选矿机械化，儲量計算簡单准确。但存在的主要問題是，不符合儲委关于計算儲量不扣除采、选、加工損失的規定。

（四）工业精矿法：

它是从选厂生产的精矿中取样的，因而只能代表当时开采区段的精矿中分散元素的情况，而不能代表全区。这种方法适用于生产矿山的分散元素查定阶段，在分散元素含量分布均匀时，可計算概略的儲量。

（五）相关法：

是用組合或普通样品求出主金属和分散元素的相关关系，通过相关系数得出分散元素品位并計算儲量。此法在过去曾广泛推荐过，现在看来，其应用范围是值得研究的。因为它是一个統計方法，也是一个間接的方法，不是建立在詳細研究分散元素賦存状态、搞清主金属和分散元素地质因素关系上的。当化驗灵敏度低，分散元素分散到造岩矿物中，或同时賦存于几种矿物中时，都不易弄清主金属与分散元素的相关关系，也就不适用相关法。因而此法只能做为分散元素地质工作中的輔助方法。

六、伴生分散元素儲量级别及其条件

伴生分散元素既不单独开采，也就无須要求更高的勘探程度，也不必单独确定工业指标或单独圈定矿体，甚至进行儲量对比和要求加密勘探工程。分散元素的勘探程度既从属于主金属的勘探程度，其儲量級别的可靠性也就不是主要表現在工程控制方面，而是

（下轉第10頁）

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

相当密切。另外根据两种不同矿石类型的致密块状褐鉄矿中鍺、鉄的含量所作出的图 2（据12个样品分析結果），也可以看出二者的关系略成比例。

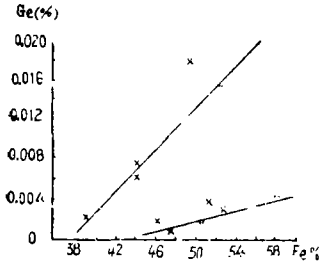

图 2　致密块状褐鉄矿含鍺、鉄的关系图

基于上述事实，我們认为鍺在致密块状褐鉄矿中是呈类质同像存在的。此种現象主要发生在氧化带发育的初期。

上述褐鉄矿經X-粉晶照像証实属晶质，加之 Ge^{4+} 及 Fe^{3+} 离子半径的相近（Ge^{4+}—0.44Å，Fe^{3+}—0.67Å），二者間的类质同像置换是可能的。

如前所述，土状赤鉄矿及褐鉄矿是致密块状褐鉄矿进一步氧化的产物。可想而知，其中的鍺也經受了一系列地质作用的影响。特别是在 PH 值急剧变化的情况下，鍺可能形成了不同的化合物。下面列出了土状赤鉄矿样品的相对溶解实驗結果（图 3）。实驗条件同前。样品重 0.5 克，（原样含量：Ge＝0.0404%，Fe＝26.92%）。

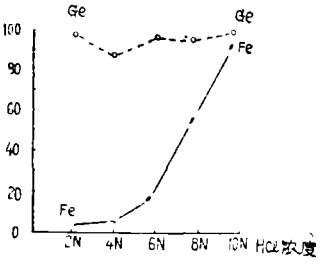

图 3　鍺、鉄在不同浓度盐酸中析出数量曲綫图（土状赤鉄矿），左側数字为金属析出量百分数。

上述結果說明：土状赤鉄矿中鍺与鉄沒有关系；鍺可能呈某种化合物存在，而此种化合物优先溶解于盐酸（当盐酸浓度为2N时，被析出的鉄为 3.6%，而鍺則被析出97.2%）。

鍺既不是呈氧化物及氢氧化物存在，那么在鍺的全部化合物中以鍺酸盐形式存在的可能性最大，現列举如下几点作为証明：

1．在氧化带发育末期，在PH值增高的情况下，$[GeO_4]^{4-}$ 或 $[Ge_2O_7]^{6-}$ 离子团存在是可能的，而 Fe、Zn、Pb、Mg、Ca等鍺酸盐均不溶于水，是稳定的化合物。

2．自然界中曾发現鍺酸盐矿物 ШТОТТИТ（$Fe''H_2[GeO_4]\ 2H_2O$），該矿物易溶于盐酸。

3．根据 8 个样品分析結果說明，赤鉄矿中的鍺与鉄不成比例关系（图 4）。

4．赤鉄矿中鍺的含量变化最大，見有个别特殊富集的部位。

綜上所述，鍺在氧化带中的地球化学演变与閃鋅矿的氧化过程密切相关；随着閃鋅矿的氧化，鍺便从中游离出来，并以 $Ge(SO_4)_2$ 的形式作短距离的搬运。鍺在矽鋅矿、异极矿中的富集与 Ge^{4+} 及 Si^{4+} 或 $[GeO_4]^{4-}$、$[SiO_4]^{4-}$ 及 $[Ge_2O_7]^{6-}$、$[Si_2O_7]^{6-}$ 之間的类质同象置换有关。在不同时期及不同条件下所形成的鉄的氧化矿物，其中鍺的存在形式亦不相同；早期形成的致密块状褐鉄矿中的鍺是以类质同象存在，而在晚期产物——土状褐鉄矿及赤鉄矿中，鍺則可能是以化合物的形式存在的。

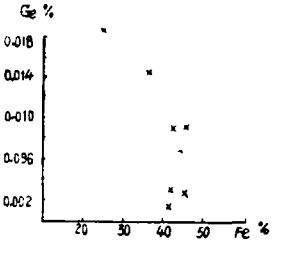

图 4　土状赤鉄矿含鍺、鉄关系图

（上接第 4 頁）

反映在分散元素和主金属的相互关系和存在形式的研究程度上。因而把分散元素儲量一律按主金属級别普遍降低一級的做法是不恰当的。我們认为，分散元素儲量級别一般分为 C_1 級和 C_2 級就可以了。

C_1 級应具备的条件是：查明分散元素存在形式及分布特点；搞清分散元素和主金属之間的相互关系；从精矿或类似矿物中提取分散元素的工艺流程已經解决；在主金属儲量計算矿块內分别系統采样分析；已按規定做內外部化驗检查；主金属勘探程度一般在 B 級以上或分散元素分布非常稳定的 C_1 級。

C_2 級应具备的条件是：主金属勘探程度属 C_1 級或分散元素分布稳定的 C_2 級；非系統取样或用个别地段推算全区儲量的；不符合 C_1 級条件的。

伴生分散元素的表內、表外儲量以主金属为轉移：主金属如为表內儲量，其伴生分散元素亦列入表內；主金属如系表外儲量，虽伴生分散元素含量略高，只要它沒有单独开采价值，也只能列为表外儲量。

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net