

内生铜矿主要类型形成的某些基本条件

桂林冶金地质研究所 矿床室铜组

一 问题的提出

建国以来,在毛主席无产阶级革命路线指引下,由于广大地质工作者的共同努力,我国铜矿资源的普查、勘探和研究工作得到了迅速发展,对各类铜矿形成特点的认识不断深入,从而有可能揭示内生铜矿的一般特点。

铜在岩浆岩中普遍存在。我国近年来的找矿实践表明,甚至同生含铜量仅13~19ppm的酸性花岗岩分布区,也有与之有关的重要内生铜矿生成。可以认为,一般的岩浆岩都具有形成内生铜矿的可能性,关键在于富集条件。当然,在富集条件近似的情况下,较高的同生含铜量可能更为有利。

内生铜矿的形成环境变化很大,形成深度可由地表至深成,形成温度可由百余度至高温。其地质情况,如有关的岩浆岩、围岩、它们的时代、构造控制、区域地质背景等等,更是十分复杂多样。想从这些方面来探寻内生铜矿得以大量出现的共同边界条件,是相当困难的。

但内生铜矿有一个引人注目的特点,就是矿石的矿物组合和构造在一定条件下往往有很大的稳定性。前人在铜矿床的分类中采用了一些反映矿物组合和矿石构造的名词,如黄铁矿型铜矿、细脉浸染型铜矿等等,正是这一事实的表现。矿石的矿物组合和构造是成矿时一些基本地球化学条件,特别是成矿溶液中有关组份浓度和浓度对比关系的综合反映。矿物组合和矿石构造的稳定性,说明了内生铜矿的大量形成必须具备某些基本地球化学条件,特别是某些组份的浓度和浓度对比关系条件。

这个现象不是偶然的。内生成矿作用过程的发生和发展,正是由各种主要元素在岩浆及其期后作用过程中地球化学性质和行为的差异、它们的相互依存和相互斗争所决定的。没有元素间的矛盾,也就没有任何成矿过程。显然,对内生矿床之一的内生铜矿而言,铜和其他元素之间的联系和制约,必定会对其形成起巨大作用。

元素间的对立统一关系极其错综复杂,需要进行具体分析,找出主要的联系。对铜的富

争中,正努力用抓革命、促生产的更大成绩,来贯彻第二次全国农业学大寨会议精神,迎接即将隆重召开的全国工业学大庆会议。

我们从林县往全国看:县办矿山的干部和工人同社员群众一道,在当地党委的统一领导下,以阶级斗争为纲,在首先搞好农业

的基础上,找铁矿,采铁矿,兴办地方工业,搞好农业机械化,全面执行毛主席在《论十大关系》中提出的基本方针,的确是一件了不起的大事。让我们以满腔的热情,来支持这项工作吧。

《地质与勘探》通讯员

集而言,下述两个环节值得特别注意:

(1) 各种元素如何影响着铜进入含矿溶液?这是内生铜矿形成的第一类基本条件。但在这方面存在的不清楚的问题极多,又不能进行直接的地质观察,本文不拟讨论。

(2) 各种元素如何影响着铜从含矿溶液中沉淀成矿?与温度压力和地质环境相比,这是更为稳定和经常起作用的条件,因而是内生铜矿形成的另一类基本条件,也是本文讨论的对象。在这方面,硫、铁、氧的作用又引起了我们特殊的注意。这是因为:它们有的与铜矿化紧密相伴,说明其关系密切;它们经常大量存在,由于其浓度或有效浓度的优势,容易起较大作用;它们经常构成矿化产物的主要成分,易于研究和利用。

以下准备从我国找矿勘探工作中积累的大量实际材料出发来讨论这个问题。

二 基本事实和基本方法

我国内生铜矿的基本事实是:铜矿物都是硫化物。可以推论,如果在成矿溶液中富硫,有利于铜矿形成。

此外,内生铜矿中的铜矿物主要是黄铜矿,其次,在少得多的程度上是斑铜矿。据我国已知矿床统计,以辉铜矿为主的内生矿床也是存在的,但其数量少而规模小。可以推论,如果成矿溶液中富铁,也有利于铜矿的形成。但在国外有少数以硫砷铜矿为主的矿床是重要例外。可能,在高硫条件下,砷对铜的沉淀也起着促进作用,但此点尚待进一步研究。

上述内生铜矿物中的硫和铁,都是以低价状态出现,因而可以认为,如果成矿溶液中贫氧,对铜矿床的形成有利。

因此,有必要拟定判别成矿溶液中硫、铁、氧浓度或有效浓度的方法,以便进一步分析它们对内生铜矿形成的影响。众所周知,内生成矿过程中形成的含铁和含硫矿物是多种多样的。成矿溶液中硫、铁、氧浓度或有效浓度的差别必定会反映在矿物组成上来。在其他条件大体相似的情况下,可以把铁、硫矿物种类及其组合的差别看为成矿溶液中有关组份浓度差别的定性标志。

根据矿物的成分及有关矿物产出分布情况的大量资料,可拟定用以反映成矿溶液中硫、铁、氧有效浓度差别的常见矿物序列如下:

1. 氧降低序列:

含氧铁矿物。赤(镜)铁矿(Fe^{3+})→磁铁矿(Fe^{2+} 及 Fe^{3+})→菱铁矿(Fe^{2+})。

含硫矿物。重晶石、石膏、明矾石(S^{6+})→黄铁矿($(\text{S}_2)^{2-}$)→磁黄铁矿(S^{2-})。

含砷矿物。硫砷铜矿(As^{5+} 、 S^{2-})→砷黝铜矿(As^{3+} 、 S^{2-})、毒砂(As^{1-} 、 $(\text{S}_2)^{2-}$)→砷铜矿(As^{3-})。

2. 硫降低序列:

铁矿物。黄铁矿(FeS_2)→磁黄铁矿(FeS)→不含硫的铁矿物。

砷矿物。硫砷铜矿(Cu_3AsS_4)→砷黝铜矿($\text{Cu}_{12}\text{As}_4\text{S}_{13}$)→毒砂(FeAsS)→斜方砷铁矿(FeAs_2)、砷铜矿(Cu_3As)。

铜矿物。铜蓝(CuS)→黄铜矿(CuFeS_2)→斑铜矿(Cu_5FeS_4)→辉铜矿(Cu_2S)。

3. 铁降低序列:

含氧铁矿物。磁铁矿(Fe_3O_4)→赤(镜)铁矿(Fe_2O_3)→菱铁矿(FeCO_3)。

含砷矿物。毒砂(FeAsS)、斜方砷铁矿(FeAs_2)→含铜砷矿物。

铜矿物。黄铜矿(CuFeS_2)→斑铜矿(Cu_5FeS_4)→辉铜矿(Cu_2S)、铜蓝(CuS)。

此外,为了判别成矿溶液中的硫、铁、氧浓度,还必须考虑矿物的组合。例如,斑岩铜矿中经常出现黄铁矿和硫砷铜矿,可能是由于高硫,也可能是由于高氧。但结合磁铁矿含量微少来看,可以判断主要是由于高硫,等等。

此外,由于铁能以多种矿物形式在多种条件下沉淀,由于矿物结晶中心数目与溶液浓度之间存在着依存关系,对于判别成矿溶液中铁的浓度而言,矿石构造也值得注意。在其他条件近似的情况下,与浸染状矿石相比,铁矿物的块状聚集应当反映铁浓度更高。

三 几种内生铜矿形成条件的分析

以上述标准考查内生铜矿形成的硫、铁、氧条件,可以看到高硫、高铁、低氧确实对成矿有利。但形成较大的内生铜矿并不必要同时具备这三个条件,只要三者有其二即可。下面简述几个例证。

1. 夕卡岩铜矿

夕卡岩铜矿中,不含或极少含原生硫酸盐类,一般不含或极少含原生赤(镜)铁矿,可以肯定,其形成一般不是在高氧条件下。

较大的夕卡岩铜矿均由下述三类矿石之一为主组成:

①以块状含铜黄铁矿或含铜磁黄铁矿为主的矿石。后者仅见于岩体与灰岩的正接触带及其附近,且含毒砂较少,含砷一般 $<1\%$ 。

②以块状含铜磁铁矿为主的矿石。其含硫量常 $>1.5\%$ 。

③以含铜夕卡岩为主的矿石。浸染的金属铁矿物一般以黄铁矿为主,但在近接触带可出现较多的磁黄铁矿,只有在镁夕卡岩中可以磁铁矿为主。

由此可见,较大的夕卡岩铜矿的形成,其成矿溶液中铁和硫浓度可有较大的变化。①类矿石应形成于高硫高铁条件下;②类矿石则形成于高铁而相对贫硫的条件下;③类矿石的形成条件是低硫而相对贫铁。如果比较②、③类矿石反映的形成条件,可认为铁和硫对铜矿沉淀的促进作用可以互相补偿。但据我国已知矿床统计,在极度低铁或极度低硫条件下,如磁铁矿石含硫量 $<1.5\%$,或浸染状矿石的金属矿物以磁铁矿为主,或含铜夕卡岩中金属铁矿物少于铜矿物等等,都对成矿不利,只见到了小型或中小型矿床。

2. 斑岩铜矿

斑岩铜矿中常见石膏,有时有重晶石及赤(镜)铁矿,粗看似似乎较夕卡岩铜矿形成在更高氧的条件下。但斑岩铜矿在其成矿作用中溶液常有更明显的酸碱演化现象存在,在矿床中相应出现了明显的蚀变分带。上述高氧矿物多出现于钾化带或青盘岩化带中,即与局部的碱性环境有关。它们的出现,可认为是在局部碱性增强的条件下氧化程度提高的结果。因此,斑岩铜矿和夕卡岩铜矿形成的总的含氧条件,实际仍是相似的。

斑岩铜矿的矿石呈细脉浸染状,少见金属铁矿物形成块状矿石,与一般夕卡岩铜矿相比,应形成于低铁或不利于铁沉淀的条件下。

较大的斑岩铜矿中,金属铁矿物主要是黄铁矿,少见磁铁矿(国外蚀变带仅由钾化带组成的少数矿床中磁铁矿较多),极少见磁黄铁矿。出现的砷矿物主要是硫砷铜矿,其次是黝铜矿,很少见毒砂。与一般夕卡岩铜矿相比,形成应在更为高硫的条件下。缺乏硫化物的块状聚集,可能是由于铁不足的结果。

斑岩铜矿与一般夕卡岩铜矿相比,其铁的不足对铜矿形成不利,看来可以由硫的富集来补偿。

3. 火山岩铜矿

这里所说的,是直接产于火山岩中、大体呈层状、与火山作用有密切联系的铜矿。这种矿床常与火山喷发旋回的一定部位有关,而不是与沉积旋回的一定部位或一定沉积岩相有关;它们常位于火山喷发中心附近,而不与沉积的古地形相联系;它们又往往伴有广泛而强烈的蚀变。因此,虽然某些矿床的成矿顶界可能曾达到水下地表,甚至顶面可能曾被水体改造,但仍有充分理由将其划入内生铜矿来讨论。

火山岩铜矿常伴有广泛分布的重晶石化,显然形成在更富氧的条件下。

较大的火山岩铜矿都具有相当数量的块状含铜黄铁矿,并伴有强烈绿泥石化。磁黄铁矿、毒砂、赤铁矿、磁铁矿则较为少见。

相反,据我国已知矿床统计,凡单纯由浸染状黄铁矿和铜矿物构成的矿床多是小型矿床。这方面的例外,是某些有争议而可能属斑岩铜矿的矿床,以及某些中基性火山岩中与侵入体密切共生、可能受过侵入作用强烈改造和富集的矿床。后二者含浸染状黄铁矿、黄铜矿,但缺乏重晶石,与一般在高氧条件下形成的火山岩铜矿不同。

此外,在块状矿石发育的矿床中,如果出现了大量赤铁矿石或磁铁矿石,目前也只见到了小型铜矿。

看来,较大的火山岩铜矿形成于高氧、高铁、高硫的情况下,而硫具有更大的浓度优势。在这里,高氧的不利影响似可由高硫和高铁来补足。硫或铁浓度的降低都会影响成矿的规模。

从上述事例的分析中可以得出结论:成矿溶液中高硫、高铁、低氧有利于内生铜矿形成。在低氧条件下,无论是高铁、高硫,或是高硫而适度低铁,以及高铁而适度低硫,均可有较大的内生铜矿产生。在高氧条件下,铜的重要富集则只能发生在高硫、高铁,且硫又具有更大优势的条件下。

我国中型以上的硫化物脉(或层面)铜矿、石英脉铜矿、受侵入作用富集的中基性火山岩铜矿以及超基性岩中的铜矿(不含镍的),其矿物组合所反映的形成条件大致也和这个结论符合,可见这个结论是有普遍意义的。这就为利用矿物组合进行矿化现象的评价提供了依据。

四 关于硫、铁、氧浓度变化的几个问题

为了解决普查找矿的实际问题,除了解硫、铁、氧与内生铜矿形成的关系外,还需要了解在不同地区不同情况下,影响成矿溶液中硫、铁、氧浓度条件变化的因素。这方面有极大量的工作尚待进行,这里只说明一些片断情况。

1. 硫、铁、氧浓度与区域地质因素

经验表明,一定地区的内生金属矿化往往有一些固定的特点,反映出成矿溶液的硫、铁、氧浓度条件在一定地区内有稳定性。这些特点常与区域地质因素有关。

例如,我国长江中下游某些地区的研究表明,侏罗-白垩纪陆相火山盆地与同期内生矿化特点之间即有密切联系。在火山盆地中心区,常出现硫酸盐类矿物占压倒优势的石膏、明矾石、重晶石矿化,以及以含重晶石、黄铁矿、镜铁矿为特征的石英脉铜矿化,表现了成矿

溶液中高氧、高硫、低铁的特点。在火山盆地内缘则金属铁矿物急剧增加,形成了以磁铁矿、赤(镜)铁矿、黄铁矿和硫酸盐类矿物为特征的铁矿化和黄铁矿化。这些特点说明,在成矿溶液中除高氧、高硫而外,铁浓度有急剧增加。在火山盆地分布区的边缘构造带上,或孤立的火山盆地边缘,或后者的走向延长线上,则大量出现与夕卡岩铜矿和斑岩铜矿密切有关的、以硫化铁和磁铁矿为特征的铜矿化、铜硫矿化、铜铁矿化,表现了成矿溶液中高硫、低氧、适度高铁。

又如,与钾长花岗岩、石英正长岩、正长岩、二长岩等富钾长石的侵入体有关的矿化,易于呈现高氧的特点,出现重晶石、赤(镜)铁矿等。

此类现象对研究区域找矿方向的实用意义是十分明显的。对任一内生矿化都可把其他矿物弃置不论,专门观察研究含铁的和含硫的主要矿物与特征矿物,进一步划分矿物组合的类型,根据统计资料确定每个组合类型与该区内生铜矿的关系。根据一定铁硫矿物组合的分布常有一定区域性的特点,可以考虑把有利组合的分布区作为圈定找矿远景区的基础之一。此外,通过有利组合的空间分布与区域地质因素的对比研究,还有助于确定什么因素与内生铜矿密切相关,从而在矿化资料不足的情况下,根据对区域地质的了解推定找矿远景区域。

2. 夕卡岩铜矿形成过程中硫、铁、氧浓度的垂向变化

在一个夕卡岩铜矿床范围内,成矿溶液中硫、铁、氧的有效浓度在垂直方向上常有变化,但其明显程度极不一致。

从我国十余个有明显变化的矿床来看,硫和氧都趋向于在矿化区间的上部富集,随深度增加而减少。它的主要表现是:磁黄铁矿比黄铁矿在深部更为富集,毒砂比黝铜矿在深部更易于富集,菱铁矿比磁铁矿在深部更易于富集。考虑到大气氧的影响,以及在成矿溶液中硫能以 H_2S 气体进行较快的迁移,这些现象是不难理解的。在围岩岩性极不均匀的个别矿床,可见到氧富集情况的例外。在与深部出现的镁质岩石有关的镁夕卡岩中,可以见到氧的局部升高。

从含铁矿物的数量来看,铁主要趋向于在矿化区间的中部富集,向上及向下均可能减少。铜的成矿区间主要位于中部。铜矿化在上段常随铁的向下富集而加强,在下段则随硫浓度或铁浓度向下急剧降低而减弱。

我国在铅锌矿化深部发现的一批夕卡岩铜矿,是铜矿化随铁的富集而加强的例子。这些铅锌矿的典型矿物是:以方铅矿、闪锌矿为主;可出现铜矿物,其中除黄铜矿外并常有黝铜矿、斑铜矿、辉铜矿;通常黄铁矿较少,不含或极少含硫酸盐类、毒砂、磁黄铁矿、磁铁矿、赤(镜)铁矿。表明成矿溶液中高硫、低氧、低铁。向深部黄铁矿增多,铜矿化也随之加强,逐渐过渡为块状含铜黄铁矿或浸染状含铜夕卡岩。

伴随硫浓度或铁浓度向深部急剧降低,引起铜矿化减弱至消失的例子有四种情况:

(1) 上部的块状磁黄铁矿在深部被浸染状矿化代替,同时工业铜矿化减弱至消失。

(2) 浸染状硫化铁矿化本身无明显变化,但上部绿泥石化较发育的钙铁榴石夕卡岩(常是外夕卡岩),向深部被极少绿泥石化的钙铝榴石夕卡岩(常是内夕卡岩)代替,同时工业铜矿化减弱或消失。

这两种变化反映了向深部成矿溶液中铁浓度降低。两种情况下,深部都常有具工业价值的辉钼矿化或白钨矿化出现。

(3) 上部块状或浸染状磁黄铁矿和黄铁矿,向深部被毒砂-磁黄铁矿代替,同时工业

铜矿化减弱或消失。

(4) 上部块状铅锌矿向下被浸染状含铜夕卡岩代替, 此时铜矿化加强。更深部又被块状磁铁矿代替, 此时铜矿化减弱。这种情况较稀少。目前仅见到一个例子。

后两种变化反映了向深部成矿溶液中硫浓度降低。最后一种情况可能出于硫浓度向深部下降梯度远大于氧的下降梯度, 也大于铁浓度向深部的上升梯度, 从而使铁和氧在深部相对富集的条件下。

这些情况不仅从另一角度又说明了高硫、高铁有利于铜矿形成, 而且对估计矿化的深部延伸可能有较大实际意义。

3. 成矿过程中硫、铁、氧浓度的变化时间问题

本文讨论的矿物组合, 都是指成矿过程中矿化形成物的总和, 与考虑矿物形成期的共生组合概念不同。这样作的出发点是: ①尽管不同成矿期的溶液组份浓度条件有变化, 但它的变化范围和矿化形成物的数量应受总的组份浓度特点限制, 总的特点不同, 矿化形成物的总和也应不同; ②在实际上, 绝大多数内生铜矿在金属矿物大量形成的时期内, 溶液中铁、硫、氧浓度的变化表现出是徐缓的, 而金属矿物是本文讨论的主要基础; ③这样作可避免由矿化期的意义和划分标准不确定而带来的困难, 方便实际工作。

但是, 在某些矿化过程延续很长, 在金属矿物大量出现前有众多硅酸盐矿物形成的矿床中, 组份浓度特点可以前后截然不同, 形成物的数量却又很多, 夕卡岩铜矿即属此类。在夕卡岩形成阶段, 常有大量含高价铁的钙铁榴石形成, 表现了高氧特点, 这与金属矿物大量形成时表现的组份浓度特点是不同的。因此, 在研究夕卡岩铜矿形成的氧浓度条件时, 应当把夕卡岩矿物屏弃在外。

其他矿床目前还不能肯定有类似情况, 但值得密切注意。

土法淘砂金的木溜槽

为了大力发展群众集体采金事业, 冶金部黄金局对各地土法淘金工具作了比较和试验鉴定。初步认为, 目前在两广和内蒙等地区使用的木溜槽具有较多的优越性。

这种木溜槽的特点是: (1) 处理矿砂量大, 生产能力强。每台木溜槽一天可处理矿砂 5~12 立方米, 而淘金盘只能处理几百公斤, 淘金床仅 1~2 立方米; 木溜槽比淘金盘效率高 6~7 倍。(2) 回收率高。木溜槽淘洗砂金的回收率可达 60~70%, 而据一

般估计, 淘金床及手摇淘金盘只有 30~50%。

(3) 劳动条件较好。木溜槽是安装在地面上, 操作人员站在地面上, 可连续给水、连续给矿, 劳动条件较好。而使用淘金床和淘金盘工人需站在冷水里操作, 用手摇动, 劳动强度大, 条件也差。

这种木溜槽制造简单, 使用方便, 不需特殊的动力(用水力), 是社队用土法开采砂金的一种较好的选金工具。

(据《冶金科技》总第 19 期)