

$Pb^{208}$ 、 $Pb^{207}$ 、 $Pb^{206}$ 的增长,因而出现在较低的年龄。这意味着相当于模式年代的矿床应是地幔来源的。

可能有意义的其它元素,应该提到铯。铯的同位素比值已经应用为直接来源于地幔玄武岩的一种证据。可能在某些情况下,铯的同位素研究有助于发现矿床组份的来源。

同样,碳酸盐岩中碳与氧的同位素比值幅度清楚地表明是极深的部位(地幔?)成因的。如果含硫化物的碳酸盐岩的硫同位素数据也与来自地幔的如南非帕拉波拉的情况相一致,则碳与氧的数据可作为补充的标准。

结论:就矿床组份来源而论,稳定同位素资料中唯一可靠的指针乃是硫同位素比值强烈地偏离通常的平均值,表明这种硫即为地壳来源的。

### 结 论

总之,来自上地幔的矿床与来自地壳的矿床相比,前者似乎具有选择分布幅度较狭窄的性质。然而至今两者尚无以此来划分的实际精确的标准。

完全充分的标准是某类矿床与其专属的火成岩及其分异产物密切的野外伴生。为此,液态一岩浆矿床似乎在成因上与超基性至基性围岩有关。而这种赋存的岩石目前认为是地幔来源侵入体的分异物。反之,许多伟晶岩及气成矿床是与花岗岩联系起来的,我们现在认为其形成是因地壳岩石的再生作用。

唯一令人信服的证据来自稳定同位素地球化学,尤其是硫的同位素,其强烈地偏离平均比值的现象可以表明地壳作用。同位素地球化学颇有希望导致更进一步的区分标准。

临界状态时的热液矿床与假设的“海底一喷气”矿床至今不存在一定的标准。因而,按照地壳(硅铝层)或上地幔(硅镁层)来源的矿床分类,一般只具有理论价值;实际上,矿床成份来源的证明是最困难的,除非侵入体或其分异体与矿床存在非常密切的野外联系。

陈树盛译自:《第二十三届国际地质会议报告》,第七卷,179~184,

作者:K.V.格林

## 关于含矿建造系列和

## 岩浆含矿体系

近年来,关于含矿建造成因系列和岩浆含矿体系的概念越来越盛行。关于“含矿建造成因系列”这一术语的实质和内容看法还不一致。P.M.康斯坦丁诺夫(1966)把系列理解为与矿物成分上的逐渐过渡相联系的含矿建造。B.A.库兹涅佐夫等(1971)则强调含矿系列与一种岩浆建造的成因联系,И.Г.马加克扬认为含矿建造是与一定的构造岩浆组合等差不多同时形成的。目前“含矿体系”一词的含义还不明确,至于这个概念与系列这一概念的关系就更不清楚了。

在提出上述术语的目前这个初期阶段,举出一些含矿系列和含矿体系表现最明显的实例是有益的。属于这一类的有青盘岩含矿建造系列和与其相对应的斑岩铜矿含矿体系。在欧亚大陆和美洲的许多含矿区,都证明有这种系列和体系存在。在研究含矿系列和含矿体系问题的情况下,就为预测和普查隐伏矿体揭示出广阔的前景。

有规律发育的岩浆含矿过程,在中部堪察加含矿带(内安山岩弧)促使了一系列不同深度的含矿建造的形成,由下而上为:1)斑岩铜矿建造,2)铜钼建造,3)多金属建造,4)金银建造,5)砷锑汞建造,6)黄铁矿建造(含自然硫)。该系列的深部各组成部分,是在岩石碱性蚀变环境中形成的,在近地表条件下,酸性淋滤发育。与每一含矿建造相对应的,都有其围岩热液蚀变的类型。例如,含有新生成的正长石和黑云母的高温碱交代作用,对斑岩铜矿床是最有代表性的。除高温青盘岩化碱交代作用之外,铜钼

矿化还与阳起石和绿帘石伴生。多金属矿化(有时含银)主要分布在中温绿帘石-绿泥青盘岩中,金银矿化则分布在低温绿帘石-碳酸盐-沸石青盘岩中,并且多半是冰长石出现的地方。砷铋汞建造通常产于酸性淋滤带的下界。含硫黄铁矿分布在近地表带的酸性蚀变岩石——次生石英岩中。

就拿堪察加青盘岩含矿系列来说,已查明其成矿过程持续时间很长(几千万年),具有断续的性质,同时深度越来越小的含矿建造的时代依次变得年青。

Г.М. 弗拉索夫等把这种系列矿石形成的一般地质环境回恢为以下形式。含矿系列与以安山岩成层火山(“侵入体上的火山”)形式出现的火山深成体系有关,其下在较浅的地方(2公里)有长期存在的岩浆源(图1)。这样的岩浆源目前认为是次火山闪长岩和花岗闪长岩侵入体。斑岩铜矿和斑岩铜钼矿赋存于这些侵入体的顶部,金银矿床则见于被剥蚀的火山底部,而该系列最上部的矿床则是含硫黄铁矿,产在紧靠成层火山的顶部。斑岩矿远在岩浆晚期阶段结束以前就开始形成,后来由于高温热液活动而得以发育。在金银矿形成过程中,在通向地表时受热的氯化物碱性热水溶液的沸腾起了很大作用。沸腾时挥发的酸性气体,在与渗流

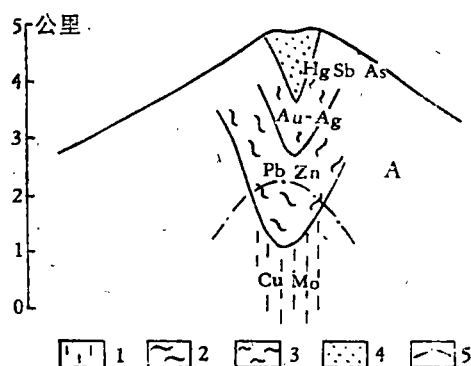


图1 内安山岩弧不同深度的含矿建造

1-正长石交代岩(含铜和钼); 2-高温和中温青盘岩(含多金属矿化); 3-低温青盘岩(含金银和砷铋汞矿化); 4-酸性蚀变岩石——次生石英岩(含自然硫和铁硫化物); 5-次火山(闪长岩)侵入体的上界; A-侵入体之上的安山岩火山

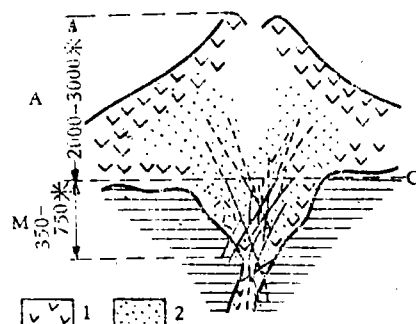


图2 罗马尼亚火山构造中的矿体位置

A-火山的上层结构; O-熔岩流流出水平(火山底座); M-最富的矿化(含矿)带。1-安山岩, 2-热液蚀变岩石

水相互作用的同时,促使酸性溶液发育并在青盘岩之上形成含有交代硫矿体的次生石英岩“帽”,硫矿层含有一定数量的黄铁矿和白铁矿。根据这种近地表的酸性蚀变岩石,当时就指出了中部堪察加含矿带的走向长度(1500公里以上)。

日本、地中海沿岸地区、美洲的晚第三纪含矿带,证实了类似类型矿石和蚀变岩石垂直分带的存在,这些含矿带都是内安山岩弧型构造。日本北东部内带的带状含矿组合(与堪察加很类似(已作过详细研究。喀尔巴什山的威格尔拉特-古廷火山带的带状矿石分布,以及帕姆巴克-赞格祖尔含矿带的带状构造也与其相类似。在这方面,喀尔巴什山晚第三纪安山岩(内部)弧范围内的罗马尼亚的含矿区尤其典型(图2)。不久前在那里的加里曼地区,发现了青盘岩含矿系列难得的最近地表的一环,即自然硫(含硫黄铁矿)的交代矿层。这些矿层也和千岛-堪察加弧和日本的矿层一样,也分布在酸性蚀变明矾石化、蛋白石化和粘土化的岩石中。在以安山岩成分为主的下伏青盘岩化火山岩中赋存有许多矿床,千岛-堪察加弧的全部青盘岩含矿系列(铜和铜钼矿床、多金属矿床、砷铋汞和其他矿床)也包括在其中。矿化与闪长岩成分和花岗闪长岩成分的次火山侵入体密切伴生。主要的多金属矿化富集在成层火山锥的底面上。

有人划分出的第二组斑岩铜矿床(和与

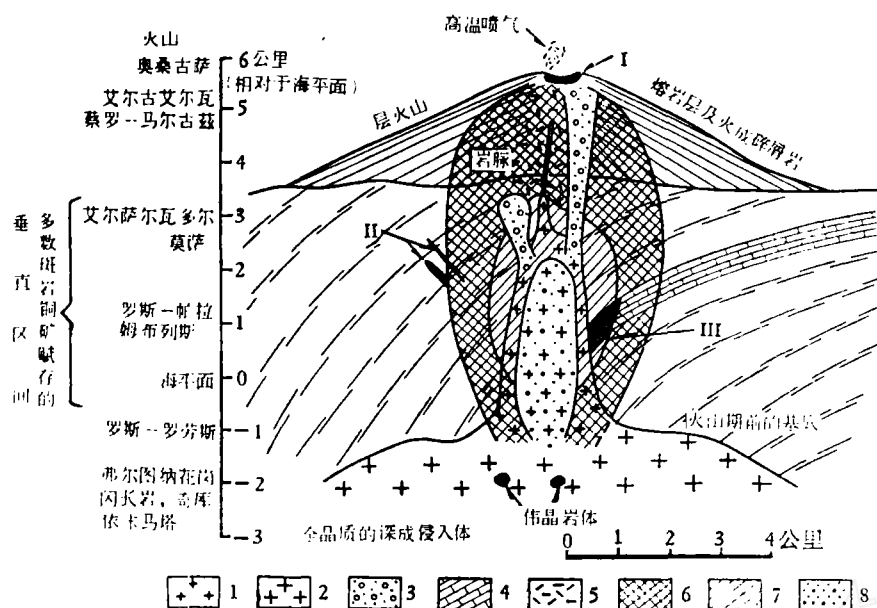


图3 斑岩铜矿含矿体系略图

1-含斑岩铜矿的岩株; 2-全晶质花岗闪长岩; 3-爆发角砾岩; 4-灰岩层; 5-硅化, 进行中的泥化作用;  
6-青盘岩化; 7-绢云母化; 8-钾长石化。I-含黄铁矿和白铁矿的自然硫矿床, II-含铅锌矿和贵金属的  
矿脉, III-蚀变灰岩(夕卡岩)中的接触交代铜矿床

其伴生的其他成分的矿点), 实际上是同一岩浆含矿体系与与其伴生的青盘岩含矿系列。第二组包括斑岩铜矿、铜钼矿、铅锌矿和金银矿, 它们与以安山岩(局部为安山英安岩)为主的火山作用带和产于这些带中的闪长岩和花岗闪长岩侵入体有密切关系。

A. 米切尔等在描述与岛弧有关的矿床时强调指出, 斑岩铜矿和多金属矿产于以安山岩和英安岩为主要成分的火山岩带中。此时斑岩铜矿床、铜钼矿床和铜金矿床产于分布在同一时代火山岩中的闪长岩和花岗闪长岩岩株和较小的深成岩体的顶端或边缘。可以设想, 火山岩和侵入岩的这种同时代(或形成时间接近)的现象, 是上述岩浆含矿体系的典型特征。

青盘岩含矿建造系列在安第斯山脉发育很完全, R. H. 西利多称之为斑岩铜矿体系。他提出的体系模型是根据智利和阿根廷的许多矿床剖面来编制的(图3)。该体系大体上具有火山深成性质。在图上, 我们可见到由全晶质花岗闪长岩和闪长岩所组成的

矿源——“侵入岩上的”安山岩成层火山。近地表的火山岩和次火山岩与侵入渐变过渡有关; G. N. 波尔提利蒂(1971)在埃耳-特尼恩特矿床根据钻孔岩心观察英安岩向石英闪长岩的逐渐过渡。岩浆接近地表的同时发生了受热热水溶液的沸腾和白岩浆角砾化。成层火山的岩浆、喷发和热液活动乃是这些作用的地表反映。在成层火山的上部, 酸性蚀变岩中有含黄铁矿和白铁矿的自然硫矿层产出, 其下有金银矿。大约在火山底面上, 青盘岩中有多金属矿层发育。再下, 在次侵入相向侵入浅成相过渡带附近, 碱性交代岩(下面是正长石和黑云母交代岩, 上面是绢云母交代岩)中产有斑岩铜矿和铜钼矿, 它们向下过渡为网脉状和细脉状矿石。铜矿和铜钼矿分布的上界通常比火山顶点低1.5~3公里。在斑岩铜矿上部发育着不含铜的黄铁矿化岩石。凡是岩浆岩与灰岩相接触的地方, 就形成了多金属夕卡岩矿石。在体系的根部, 侵入体深部没有矿石, 而只有与更上面的矿石大约同时形成的伟晶岩脉。这

样的岩浆含矿体系的垂直总长度为4~6公里。由于铜的硫化物常存在于最上部矿层的自然硫中(智利的提切梅尔矿床,阿根廷的策罗-里科矿床,智利的奥卡纳乌尔哈火山),说明各种矿点属于一个总的体系,反之,自然硫则出现在深成斑岩铜矿层的边缘(智利的洛斯-佩兰布雷斯矿床)。这里要指出的是,铜的硫化物、少量银和(个别样品中)金含于北堪察加的交代硫和硫黄铁矿矿层中。

R.H.西利多提出的斑岩铜体系模型与我们提出的青盘岩含矿建造系列“模型”非常近似。这位研究者对安山岩火山带的材料所作出的解释,在所有方面也与我们的解释相符合,而这些看法又是他独自工作得出的,这实在是令人惊讶。西利多所采用的方法也与作者的方法相似,他是对比大量个别剖面,并把过程的单个环节与总的链条联系。尽管西利多从反向,不是从上面即自然硫矿层,而是从最深部的斑岩铜矿床到自然硫矿层去加长这个链条,但他仍然得出了相同结果。

青盘岩含矿系列以某一地带的地质条件而有所变化。南部沿海边区的尼古拉耶夫多金属矿床之上的青盘岩“晕”就是典型的一例。这种晕的特点,是在逐渐接近古地表时,火山岩的碱性蚀变向酸性蚀变的过渡极为缓慢。在很大的垂直区间(约1000米)内,青盘岩大体上保持其碱性,只是上部的热水溶液才略有酸化,后者造成了下层的青盘岩化。这种现象与深部的灰岩有关。根据此类青盘岩晕,P.E.奥斯特罗乌莫夫等在沿海边区发现了夕卡岩多金属矿床。可以想象,在西利多斑岩铜矿体系模型中,深部存在灰岩时,夕卡岩矿石也有所发育。

在含有大量酸性岩浆岩的边缘火山带的情况下,青盘岩含矿系列发生很大变化。这时青盘岩系列好象与锡多金属含矿系列发生了“干涉”。而后一系列已是在另一岩浆含矿体系中发育。这个体系的基本要素是花岗闪长岩和花岗斑岩的次火山和浅成侵入体和

与其共轭的具有凝灰熔岩带的复杂火山深成构造。考姆索莫尔矿区(哈巴罗夫斯克,即伯力边区)就是一例,那里无论是安山岩还是流纹岩,以及成分变化很大的侵入体都广泛发育。该区的矿石中,除锡石外,还存在大量青盘岩系列的铜、锌、铅、铋、汞和其他金属的硫化物。在含矿带的上部,由于含冰长石的低温青盘岩的存在,使我们可以推断该处有找到金银矿化的可能性。

边缘火山带的岩浆岩与安山岩弧相比,具有更酸性的成分,看来这决定了青盘岩含矿系列上部建造的弱化,同时保存着含矿系列最深成的一环——斑岩铜矿(和铜钼矿)。这大概就是厚度很大的硅铝层大陆边缘上发育的安第斯山脉的火山带富含铜的原因。

在火山带中岩浆含矿系列变化的情况下,岩浆含矿系列仍然保留着与产生完整的青盘岩含矿系列的体系相似的某些特点。3.M.努尔巴耶夫等指出,北普里巴尔哈什、南准噶尔地区以及库腊姆地带(中亚)的多数斑岩铜矿,都产于长期发育的火山中心。上述各带的相当一部分岩浆岩形成安山闪长岩成分的岩石。

岩浆含矿体系和与其有关的含矿建造成因系列随着时间的推移而进化。早先曾报道,早期地槽含矿建造,随着地质时代的流失让位于晚期地槽和造山运动的含矿建造。绿凝灰岩建造的喷气沉积矿是青盘岩含矿系列的先驱。火山带的隆起和排水造成岩浆含矿体系在新条件下的变化,并形成垂直方向上较大规模的青盘岩含矿系列。与次生石英岩建造有关的矿石,在以后的进化过程中,可能是它的吸收体。

以上所举例子表明了作为普通地质、构造岩浆、地球化学和其他条件组合的岩浆含矿体系概念的现实性,这些条件决定着含矿建造以一定规律构成的成因系列的形成。岩浆含矿体系的性质取决于地壳构造和岩浆作用带的其他特点。体系发育的断续时间可达几千万年。在同一构造条件下,体系的

## 金属矿床地球化学垂直分带研究的几个方法问题

矿体及其原生晕的地球化学分带现象,近年来在热液矿床研究方面引起了地质、地球化学工作者的重视。过去,人们往往只涉及到深部矿体在地表的微弱反映,而又只能根据这些反映进行研究区的远景评价。目前,已从纯理论性的探讨过渡到积极利用垂直分带的研究成果来解决实际问题。垂直分带规律的应用,使我们全面地向解决隐伏矿体的找矿方面更进了一步,同时在苏联的若干金属矿区发现了几十个够工业品位的矿床。

1972年,在莫斯科举行了根据热液矿床的分带现象预测隐伏矿体的会议,总结了这方面的认识,归纳了现有的资料。有人认为,矿体、矿床以及更大的地质单元的分带现象,“是化学元素、矿物和矿石成分或构造的某些特征及与其伴生的矿化以不同形状的带在空间上的规律性分布”。也有人认

特点是地球不同地区(包括相距很远的地区)各种标志的稳定性。同时,它们是活动的,对地质条件变化有敏锐反应,并相应地发生变化。这就引起含矿建造系列的变化,在由一个构造岩浆带向另一个邻近的构造岩浆带过渡时,出现侧向含矿分带现象。体系,甚至于是它的一部分,都具有火山深成性质,所以含矿建造系列的上部各组成部分表面上可能属于火山岩,下部各部分则属于深成岩。由于深成构造是向火山构造逐渐过渡的,所以关于它们之间界线的争论则是不切实际的。看来,今后金属矿床地质学的发展方向将不把“火山”和“深成”含矿建造分隔开,而是确定和研究岩浆含矿体系与其有关的含矿建造成因系列。

### 结 论

#### 1、世界上不同地区的青盘岩系列以同

为,分带的产生是地质与物理化学的空间条件发生变化的时期内,成矿过程发育的结果。

还有人把分带现象看作是原生地球化学晕的重要特征,表现为这种晕的质与量的参数在空间上沿含矿溶液运动方向发生的规律性变化。与此同时,沿着溶液运动的轴,元素发生差异分布,从而出现晕的带状分布现象。距离矿源最远的那些元素的前缘,构成分带系列的矿体上部一组元素;堆积在晕的后方的一些元素,则形成该系列矿体下部一组元素。持这种看法的人还指出,上述晕的分带性的基础是与成矿溶液内部平衡的变化有关的沉积分带,而成矿溶液内部的平衡则决定于元素单独的物理化学性质,诸如元素的运移能力以及在一定的温度、压力下的稳定性,等等。

此外,也有人根据某一种因素的主要影

样一套含矿建造为其特点,并形成于相似的地质条件。该系列可以认为是与特殊岩浆含矿体系有联系的含矿建造成因系列。

2、所研究的系列包括由最深成的斑岩铜矿到最近地表的硫黄铁矿(含自然硫)的含矿建造。该系列形成于由闪长岩或花岗闪长岩侵入体并分布在其上的安山岩成层火山组成的岩浆含矿体系的条件下。

3、岩浆含矿体系的发育往往是断续的,并经历几千年。

4、岩浆含矿体系和与它共轭的含矿建造成因系列依赖地壳构造而发生变化,并随着地质时代的流失而进化。

译自:《Геология рудных месторождений》

1975, № 5, стр. 18~24

作者: Г. М. 弗拉索夫

葆青译 鲁宁校