

326-329

一些剪切带中矿化: 3阶段成矿模式

P618.510.5

M. Bonnemaïson, E. Marcoux [法]

Bonne, M
钟贵华

作者对含金石英脉剪切带进行了研究, 提出了此类脉形成的3阶段模式, 即不可见金的早阶段, 微粒金的中阶段和自然金的晚阶段, 金的富集度随着剪切带的演化而逐渐增加。

本文指出全球范围内许多重要的金矿床受含金剪切带的控制, 提出的模式可以解释一些剪切带中金矿床矿化的演化特点。

关键词 含金剪切带 3阶段成矿模式

金矿床, 矿化

剪切带中具经济价值的金矿点是剪切带内几个连续阶段复杂演化的结果, 导致了金的逐渐富集。本文研究主要侧重于对含金剪切带的3个主要演化阶段(早、中、晚阶段)的区分, 其中早阶段和中阶段又分别划分出开始和富集2个时期。

1.1 早阶段: 含金矿化物的形成

第1期: 开始时期

金被固定于构造带中。剪切断裂带内应力和变形集中于局限带内, 在此带内岩石转变成片岩化岩石或糜棱岩, 形成了狭义的剪切带。这种断裂构造具有较好的渗透性, 使得它们成为热液流体的良好通道。流体的成因不同, 可能是起源于区域变质作用过程中岩石的去水作用或起源于与侵入体侵位有关的热液活动, 或起源于在构造带内活化的地表流体活动, 如海水; 也可能是不同成因流体的混合作用。这就是能够解释含金剪切带内大量已知矿床中出现许多叠生、共生现象的原因。

变形作用和热液循环的联合作用, 使剪切带内的岩石在矿物组成及地球化学成分上发生了重大的改造, 即发生了2种相互联系而又互补的过程: (1) 母岩的化学成分部分溶解并原地重新分布; (2) 通过剪切作用加入了与母岩无关的外来元素并向剪切带中心聚集。

发生在镁铁质及超镁铁质岩石中的上述变化更为明显。在一般所有剪切带中都存在的富含CO₂流体的作用下, 蛇纹岩逐渐碳酸盐化直至岩石全部转变成滑石菱镁片岩。这个过程包括滤去并完全迁移出镁, 铁则由于硫化物和含铁的碳酸盐的生成而部分被保存下来。蛇纹岩的硅化作用和碳酸盐化作用是同时发生的。碳酸盐化的蛇纹岩很少见到, 硅化作用主要在滑石菱镁片岩中发育, 结果形成被称为Mar de Silice的硅化岩, 例如在新Caledonia的Nakely和Kaum地区。含金剪切带内一般有强烈的绿泥石化现象, 并伴随有硅化作用, 后者随着强烈的和反复的变形作用, 在剪切带中心部位强烈增加。

绿泥石的形成导致从原含钛的矿物中释放出TiO₂并形成新矿物——金红石, 但并不是所有的钛都会原地再沉淀。剪切带内大部分的钛就是以这种方式活化的, 这也是剪切带早阶段演化过程中热液活动强烈的一种表现。

热液蚀变作用伴随有呈浸染状分布于糜棱岩片理面上的含金磁黄铁矿的结晶作用。这种

磁黄铁矿分布于整个构造带中, 磁黄铁矿的金含量达 30×10^{-6} 。金银可能是占据了铁的位置, 类似于含金的毒砂, 但整体上仍表现为磁黄铁矿的矿物学特征。由于在整个剪切带内的糜棱岩相中含金磁黄铁矿的数量较少, 所以在构造带中也就未能形成具经济价值的金的富集。然而, 含金磁黄铁矿的出现却起到了一个使岩石含有较高初始金的作用。在此基础上, 随后金在剪切带中再次富集。

第2期: 金进一步富集

此时在剪切带中心部位热液蚀变作用非常强烈。虽然剪切带在局部含有大颗粒金红石晶体, 其直径可达1cm, 但在整个构造带中可以区分出一个高硅质带, 其标志是钛相对亏损。剪切带的中心部位亦集中了从整个构造中排出的元素并引起磁黄铁矿向白铁矿-黄铁矿转化并释放出所含的金。在含金剪切带中有砷加入的地方, 毒砂的富集是构造中心部位的标志。毒砂晶粒一般较小(20—300 μm), 并主要堆积在硅质相中。对Le Chatelet矿床中磁黄铁矿被白铁矿和黄铁矿交代的现象仔细研究后发现, 含金磁黄铁矿不稳定是与毒砂沉淀同时发生的。此过程中释放出的金在含金毒砂晶体的边部以固熔体的形式被固定下来。这些晶体有明显的化学分带性。从晶体核心到边部金和砷逐渐增加(Le Chatelet矿床中砷为33.2%—38%, 金为0%—1.6%), 而锑和铁则减少, 有人指出铁大量丢失并提出了第2种类型的取代机制, 即 $2\text{As}(\text{Fe}) \rightleftharpoons (\text{Au} \cdot \text{Sb}) + \text{Fe}$, 金进入毒砂的晶格。

在早阶段中没有砷加入的地方很少能出现类似的过程。在此种情况下, 来自最初含金硫化物中的金的再富集则可能发生在辉铁锑矿中, 当它转化成第2期的辉铁锑矿时就会释放出所含的金。

在滑石菱镁片岩中, 在第2期构造的中心部位形成主要金属的富集(Ca-Zn-Sb-As), 不过构造仍保留有原始地球化学组成的痕迹(Cr-Ni-Co)。在对法国、中国、阿拉伯所有的滑石菱镁片岩的研究中都发现有辉铁锑矿(NiSbS)和/或辉砷锑矿(NiAsS), 针镍矿(NiS)亦较普遍。在法国的一些矿床中针镍矿还与硫锑镍矿($\text{Ni}_3\text{Sb}_2\text{S}_6$)一起产出。

在任何情况下, 与第2期有关的演化过程都将导致金的进一步富集。在演化的早阶段, 对包括在早期演化阶段含金剪切带中的有关矿床可以进行分类。如金在其未呈矿物形式表现的含金构造带, 在法国和加纳已经识别出此种类型的某些构造, 而且在这些构造中都形成了一些重要的金矿床。

1.2 中阶段: 金以矿物形式出现

第3期: 含矿主构造形成

从早期剪切带的不断发育开始, 在带内或其围岩的边部出现张性作用, 例如, 出现了厚度达10m或更大的乳白色石英透镜体, 但同时亦就促成了脉体的贯入和侵位, 其长度很少有大于200—300m的。此外, 以含有磁黄铁矿的镁铁质(辉绿岩和闪长岩)或长英质(浅色和微粒花岗岩)岩墙也可能侵入剪切带, 这些岩石构成了主构造带, 但一般不含金矿化, 在石英和重结晶的硫化物中可能出现微粒金, 但并不导致具经济价值的富集。

第4期: 金富集

由于沿剪切带剪切作用具反复性和持久性, 联结早期裂隙的主构造可能再次变形。由于主构造机械物理强度比围岩大, 所以这些构造可能遭受强碎裂, 因而为金的沉淀提供了有利的位置。在剪切带中破碎带的厚度相对较厚(几十米)的地方, 这种碎裂变形对主构造的内部结构影响很大, 岩性的不连续性成了变形的主导因素。特别是由碎裂作用而形成的乳白色

石英脉是一种原生石英相,称为微糖粒石英,随后它亦就充当了金矿化的“容器”。

剪切带中的金矿化主构造在较早期的演化过程中就已经预富集了金。这种富集作用导致在某些部位生成了具经济价值的金矿化。有些地方金矿石中的含金量经化验出高达几十克吨。在主构造中热液流体(一般含有铁、锌、铅、铜)将金矿化带至剪切带体中的狭窄接受相,热液流体作用造成来自早阶段的含金硫化物(含金的磁黄铁矿或毒砂)不稳定和释放出金,从而第一次形成自然金。

此种金非常纯(银含量小于1.5wt%),形成小的球粒和包裹体,一般粒径为1—100 μm ,存在于硫化物或微细的糖粒石英中。以后,微粒金在小的裂隙中聚集形成直径可达1mm的金球粒,每一粒皆位于硫化物晶格的中心。金在硫化物中的分布没有优选性,在La Bellière金矿床中几种硫化物都含有金。虽然这些硫化物中包含有许多自然金包裹体,但不能认为它们是真正的含金矿物。对于硫化物来说金表现为一种外来物,所以这种金矿化与在早期的演化阶段形成的含金硫化物有本质上的不同,在早期演化阶段只有毒砂是携带金的矿物。

中阶段的矿化作用能在一定程度上改造早阶段的矿化。所以早期矿化的识别是相当困难的,因为在中阶段的金构造中早期的磁黄铁矿很少能有效地保存下来。白铁矿-黄铁矿呈页片状结构形式产出就是原磁黄铁矿发生了迁移的表现,也是磁黄铁矿原来就存在的唯一证据。在Le Bourneix矿床中早期的毒砂非常稀少,它只存在于远离中阶段已开采石英透镜体的糜棱岩相中。

最近BRGM的研究成果表明,中阶段剪切带的矿化特征表现为Au-Pb具有相关性。铅形成方铅矿或硫盐如脆硫锑铅矿($\text{Pb}_3\text{Sb}_2\text{FeS}_{14}$),但常见到的则是铅异常伴随着这些金矿床。在Himousin矿区中中阶段的含金构造一般伴有较高温度下形成的铜、锌、铋,有时有锰或锡的共生矿物,这些表明矿化可能受到深成的影响。

中阶段形成的流体包裹体具有在高压值(0.5×10^8 — $2 \times 10^8 \text{Pa}$)下的均一温度为250—350 $^\circ\text{C}$ 。它们是均质的,未混合的流体相。其特点是富含 CO_2 (有时带有一定数量的 CH_4 和 N_2)3相包裹体,其次是富 N_2 ,且是以水为主的低盐度流体。由于机械的搅动使得过剩的 CO_2 注入到局部的原先就富含 CO_2 的水成流体中,这就解释为什么流体变得不均一并出现沸腾现象,导致由于金的二硫化物的复矿物($\text{Au}(\text{HS})_2$)不稳定而使金发生沉淀。剪切带中流体从一地迁移至另一地伴随有流体和岩石间的互相作用而发生化学变化。

1.3 晚阶段:自然金的形成(第5期)

在后期的张性构造运动时期,在剪切带中发育的裂隙,如张性构造和裂隙,导致矿物组合的进一步演化。这些矿物组合可以根据所包括的张开裂隙类型加以区别。但它们都含有自然金。这些金矿主要产于石英晶洞中。

晚期逐渐形成裂隙。当裂隙逐渐产生时,可形成大量的小晶洞,在这些晶洞中微糖粒石英重结晶成细粒石英自形晶体(直径为0.1—1mm)。在法国中央地块的含金构造中经常能见到这种石英晶簇。上述这些裂隙的形成与后阶段矿化溶液(一般富含铅、铜和银)的到来是同时发生的,并导致了复杂的矿物共生组合的重结晶,这个矿物共生组合包括第2代的方铅矿并含有深红银矿(Ag_3SbS_3)、银黝铜矿[(AgCu) $_{12}$ Sb_4S_{13}]、银毛矿($\text{Pb}_6\text{Ag}_2\text{Sb}_6\text{S}_{15}$)、车轮矿(CuPbSbS_3)和重晶石等包裹体。

在三维空间上金形成直径几毫米的小天然金粒。此种金的银含量比例较大(光谱分析银达 20×10^{-6} — 60×10^{-6}),以此作为标志而与中阶段形成的金相区别。第5期的流体与中阶段

的流体相比, 它是一种释放了挥发份的含水溶液, 具可变盐度和较低的均一温度(150—200℃)。

裂隙的形成也导致了网脉状脉体的侵位。网脉状乳白色石英细脉的形成说明剪切带体中晚期裂隙的发育范围是有一定限度的。石英细脉的发育在很大程度上是与火山岩、沉积岩或具斑状结构的深成岩有关。这些乳白色的石英网脉一般富含重新活化的碳硫盐, 它们在与滑石菱镁片岩有关的矿体中非常发育。在构造的中心部位, 它们形成长几十米至几百米的透镜体。

剪切带中大规模裂隙的发育, 剪切带中的晚期裂隙沿单一的不连续面密集, 它们能构成很大的孔隙并导致形成1mm至几米厚的新的石英脉。在晚期角砾的空位处, 这些石英形成了厘米级和分米级的自形晶, 其地表形态特征排列成“鄂式”。

陈贵华摘译自《Mineralium Deposita》, 25(2),

96—105 (1990)

(江西南昌县79号信箱矿床室, 330200)

孟宪玉 刘士偶 校

不整合面型铀矿床的蚀变作用和成矿作用

元古代不整合面型铀矿床产在渗透性好的含赤铁矿砂岩和下伏具还原性的变质岩石间的不整合面附近。矿床形成温度估计为200—250℃, 形成深度为2—5km, 它包括2个端元类型: (1) 产在不整合面处与石墨岩石有关的U-Ni-Co矿床(不整合面型); (2) 产在不整合面下面达400m处的非石墨基底岩石内的矿床(基底型)。

在砂岩中铀以铀酰络合物搬运, 并以含铀矿物(主要是晶质铀矿)沉淀。石墨岩石对不整合面型铀矿床是主要的还原剂, 而含铁矿物对基底型铀矿床是主要的还原剂。由于对石墨的氧化作用, 碳酸盐常产在不整合面型矿床的蚀变壳内, 表明CO₂的压力高。根据已经报道的各矿床的液包体研究, 认为高盐度的卤水(30eq·wt% NaCl)对成矿作用来说是重要的。氯离子对铀的搬运是必需的。卤水被认为来自沉积盆地顶部处的蒸发岩。通过重力作用迁移到不整合面处。

蚀变带内的铝硅酸盐集合体随着化学成分的大量变化而逐步变化, 从背景砂岩中的高岭石到伊利石, 到伊利石-绢云母系列, 伊利石-铝绿泥石系列, 铝绿泥石-斜绿泥石系列, 铁镁绿泥石-钾长石系列。这种变化是由于在流体中产生了pH梯度(pH在流体的迁移过程中增加)。这一情况必定造成明显的去硅带的形成。对成矿流体来说, 它也起着导管作用。

为了形成一个中等的矿床, 必需有大量的流体流(约10¹²π)通过一个小的地区。在矿石原始沉积期间, 还需考虑到有一个非局部热源或侵入岩的存在。将热转换当成是流体迁移的主要原因看来是有困难的。在流体中通过其矿物的相互作用产生的盐度梯度或密度梯度对流体的运动来说可能是一个动力, 在这一点上, 稳定离子进入粘土矿物可能是很重要的。

周山译自《29届国际地质大会论文摘要》