

剪切带、糜棱岩与金矿关系的研究进展

杨元根

(浙江农业大学土化系, 杭州 310029)

关键词 剪切带、糜棱岩、金矿

随着对剪切带认识的深入和研究方法的完善,人们发现许多金矿与剪切带有关,国外世界级的大金矿几乎都产在太古宙绿岩带的剪切带中,包括西澳的金英里,印度的科拉尔,加拿大的霍林格尔,法国中央地块北部海西期基底的金矿床等;国内自1987年段嘉瑞提出河台金矿为剪切带型金矿以来,在其它地区陆续发现许多金矿与剪切带有关,如浙江、江西、辽宁、河南、广西、河北、内蒙古等的金矿床,与剪切带不仅具有时空上的联系,而且还可能有一定的成因联系。

1 剪切带、糜棱岩与金矿的时空关系

按时间关系,可将金矿划分为同韧性剪切带和后韧性剪切带金矿两种,但并非所有产在主剪切带内的金矿体(脉)均为同剪切带期的,也不是所有横(斜)切主(韧性)剪切带的金矿体(脉)均为后剪切带期的,由于剪切带发育演化的长期性和构造活动的脉动性,应视具体矿床(矿体)与剪切带的发育史而定;前者是指剪切带与金矿形成之间无地质间断,无地质体的插入(如无脉岩的插入),剪切带与金矿形成于同一地质过程,而且剪切带直接控矿。目前国内已知的同剪切带金矿包括辽宁的南龙庙金矿及排山楼金矿等。后者指剪切带为间接控矿,直接控矿构造是叠加在剪切带之上的脆性断裂,剪切带与金矿之间有明显的地质间断,表现为构造运动和岩浆活动。国内大多数与剪切带有空间关系的金矿床属这种类型,如辽宁四道沟、河北金厂峪、广东河台、海南抱板、浙江横山、云南大坪、吉林夹皮沟及小秦岭等金矿床。

在空间上与剪切带有关金矿的形态、产状、分布范围等都受到剪切带的控制,表现为金矿带与剪切带的走向一致,剪切带控制了金矿带的展布。典型的如吉林夹皮沟NW向的剪切带控制了十余个金矿床,组成了一个重要的金矿带;海南戈枕剪切带控制了土外山、抱板、二甲等金矿床的分布。韧性剪切带中具糜棱岩浸染型金矿床,金矿物以浸染状分散在糜棱岩中,并沿

S_c 、 S_s 面理较为富集,矿体呈脉状、透镜状产出,其侧伏方向与糜棱岩产状一致,矿化连续且均匀,矿化强度与剪应变强度一致,矿体与糜棱岩无明显的界限,只能靠化学分析来圈定矿体范围(如广东河台、海南二甲金矿等)。在脆-韧性剪切带中,矿体(脉)呈透镜状、纺锤状分布于剪切带内的 R、D、P 裂隙中(图1),或

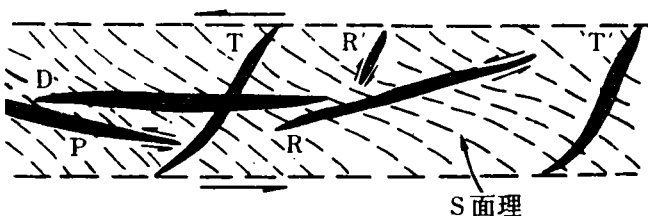


图1 脆-韧性剪切带中金矿脉的赋存

矿化呈浸染状弥散于断层岩中;矿体也可呈脉状产于剪切带中的T、R'裂隙中或沿这些裂隙穿过主(韧性)剪切带的边界,矿体(脉)横(斜)切主剪切带;矿体(脉)也可见产于主剪切带两旁的次级脆性裂隙中。

2 金矿与剪切带、糜棱岩的成因联系

有的学者认为金矿与剪切带、糜棱岩无明显的成因联系,剪切带仅作构造通道和矿石沉淀的场地准备;国内外有不少学者认为金矿与剪切带、糜棱岩在成因上有明显的内在联系。

曾义^[1]对桐柏山剪切带研究后认为,金矿化与剪切带无直接关系,剪切带可能只起到遮挡层作用;张秋生等人亦有类似的看法。这种观点的主要依据是:首先,成矿作用的时间与剪切活动的时间相差太远,如桐柏山剪切带的活动时间为前震旦纪,而金的成矿则为燕山期^[1],河台金矿成矿时代为燕山期,与矿区围岩或区内变质事件的年龄有显著的差别;其次是矿石铅同位素和稳定同位素H、O、C、S等研究表明其组成与岩浆有关,而与围岩、糜棱岩等有较大的差别,如河台金矿,包裹体的气液成分也具有岩浆热液的特点;另外,石英的含金性分析表明,热液硅化石英含金最高,而动力分异石英其次,脉石英最低,典型的如河台金矿、海南抱板、二甲金矿等。这些特点表明岩浆作用的重要性,而剪切带的作用似乎显得薄弱。

另有许多地质现象却反映出金矿与剪切带、糜棱岩有密切的联系。

2.1 应变强度控矿

金矿体常产于剪切带变形最强烈的中心部位,直接围岩为糜棱岩或强烈变形的各种构造岩。如小秦岭金矿带,含金剪切带应变最强的地段即是金矿体^[2];在浙江横山金矿,高应变带的宽窄与矿体的宽窄完全一致,岩石中的金含量与岩石的碎粒化程度呈密切正相关,碎粒化达100%的地方则正是金矿化所在^[3]。加拿大赫姆洛金矿、苏必利尔剪切带中的金矿及河台金矿、金山金矿都可见到这种现象。

2.2 几何形态控矿

剪切带中构造排列组合形式和构造形变控制了金矿体的空间分布,矿脉的发育程度与剪切带的变形强度密切相关。一个典型例子就是横山金矿中NE向的剪切带中分布着NE向大致平行的矿脉群,剪切带由窄变宽的膨大部位出现厚大的金矿体^[3]。小秦岭金矿中剪切带的空间关系、规模、形态、产状和密集程度的差异导致了金矿化类型的不同^[2]。

2.3 韧—脆性应变转换作用控矿

在剪切带金矿中,早期完整的石英、毒砂、黄铁矿中含金性较差,而晚期碎裂的石英、黄铁矿、毒砂中金含量很高,且金粒变粗,赋存在它们的显微裂隙中,这种现象在小秦岭金矿、横山金矿、金厂峪金矿、辽宁猫岭金矿中常见,河台、金山、张公岭等金矿中亦有类似之处。另外,还可以看到金矿往往分布在剪切带的韧—脆性断裂带中或次级张性裂隙中,表明剪切带由韧性向脆性转变时对金矿化具有重要的意义。

2.4 石英脉控矿

剪切带金矿床中普遍可见到金产在剪切带的石英脉、石英透镜体或硅质析出物中,这些石英脉无论从横向或往深部都成群分布,含石英可达95%以上,而且一般具两种主要的矿物相,即乳白色的块状石英和微砂糖粒状石英,前者为石英集合体,后者为微晶石英集合体,两者均具强烈的构造形变特征:极不均匀消光,变形纹(带),不规则亚晶粒,动态重结晶石英,具明显的组构,M. Bonnemaison将“含金石英脉”归结为“含金剪切带”的一种特殊情况,并认为其成

矿方式实际上是一种充填—浸染方式。崔文智^[4]认为变形石英脉中,砂糖状石英部位对含金流体的储蓄量较大,且流速、温度和压力下降较快,吸附作用最强,杂质元素增多,化学反应机率增加,这些因素的共同作用导致变形砂糖状石英部位金沉淀的品位最高。

另外,剪切带的多期活动形成“暗金”、“明金”及“块金”阶段,金矿化发育地段与剪切带的交代蚀变作用和硫化作用有关,以及含金低温韧—脆性变质带常与同构造期或稍晚的中酸性花岗质岩体伴生等现象,都反映了剪切带、糜棱岩与金矿的形成有成因上的联系。

3 剪切作用、糜棱岩化的成矿作用

上述地质现象与剪切作用、糜棱岩化作用所特有的成矿作用是分不开的,这种成矿作用表现在以下几个方面。

3.1 剪切作用、糜棱岩化作用使成矿元素活化迁移和富集

剪切作用、糜棱岩化作用不仅使岩石物质成分发生变化,而且使分布在岩石、矿物中的成矿元素(Au)发生活化迁移和富集;特别是在没有足够流体存在的情况下,构造应力是成矿元素迁移的主要因素^[5],这个过程可分为两个阶段:首先构造应力使赋存在造岩矿物(晶体)内部的元素从矿物内部迁移出来;其次从矿物内部迁移出来的成矿元素与原来赋存在岩石孔隙或晶隙中的成矿元素一起由于应力作用继续迁移,并富集在有利的部位,这个过程已被实验所证实^[5~6]。三轴高温高压实验结果也表明金在构造应力作用下发生明显的活化转移和归并(或重结晶),而且金趋于向裂隙部位迁移,金粒的分布和应力集中部位相一致^[7]。杨开渠^[8]的研究表明,动力作用下岩石中的金向构造应力集中的部位迁移,并在后期的构造裂隙中沉淀,其它的研究者亦有类似的结论^[4,8~10]。

3.2 剪切作用、糜棱岩化作用产生变质热液使成矿元素活化迁移和富集

剪切变形中能够产生大量的水,并能被剪切热加热,而且剪切作用使岩石、矿物发生化学分解(变质作用),释放出成矿物质,两者一起构成了热液流体,从而引起热液活动使成矿元素活化迁移和富集。于明旭^[11]的研究表明,剪切带的活动不仅驱动了化学反应,增大岩石的渗透和渗透流体的迁移距离,而且压溶使矿物中的成矿元素溶解进入流体,退变质反应又使围岩释放出 SiO_2 、 CO_2 、 H_2O 、Au、Fe、Cu、S、Pb、Zn等成分一起构成热液流体,剪切活动会使它们迁移很远。樊秉鸿^[12]通过包裹体成分、 $\delta^{18}\text{O}$ 和铅同位素等证明了五龙金矿的热液是由天水、地下水和岩石中的间隙水、结晶水经剪切带的动力变质而形成的。许多学者在对不同剪切带金矿的研究中也认为剪切作用、糜棱岩化过程中能产生含金变生热液(变质热液),并在剪切作用下使金发生活化、迁移和富集作用。

3.3 剪切作用、糜棱岩化作用产生通道使矿液迁移和沉淀

与传统的构造控矿、容矿理论一样,剪切带能提供矿液的迁移通道,进而成为成矿的有利部位和矿床赋存的场所。韧性剪切带经后期脆性剪切的改造,不仅使岩石渗透性提高,有能力为成矿提供空间,形成浸染状糜棱岩型金矿,而且产生的张性裂隙能为金提供沉淀的场所,形成脉型金矿,故而在剪切带金矿中常可见到韧—脆性转变作用控矿。国内外一些学者的研究也表明剪切作用能为金成矿提供导矿构造和容矿构造。

4 剪切作用、糜棱岩化作用的成矿机制

剪切作用、糜棱岩化作用对金具有成矿作用,但具体的成矿过程和成矿机理是比较复杂的。自从剪切带型金矿发现以来,学者们就一直在研究这个问题,他们通过大量含金剪切带的

构造、典型矿床和室内实验研究,对剪切带的成矿机制提出了许多成矿假说、模式:

4.1 地震泵机制

该模式是 Sibson 等(1975)提出的有关热液流体流动的机制,这种热液流体的流动在脆性断裂带有利于含金流体的大量涌入和充填,故在脆性断裂中构造空间的出现以及含金流体的存在有利于工业矿体的形成^[4],该机制能很好地解释韧-脆性剪切转变作用控矿的地质现象。Sibson(1988)又提出了与地震断裂的动力效应有关的断裂-阀门成矿模式,该模式认为流体压力超过岩石静压时产生地震断裂,导致流体的渗入、充填,而这种充填又导致断裂的封闭,则又导致流体压力的增大而产生破裂,如此循环反复,从而解决了矿液运移和矿脉沉淀的机制,但没有涉及金的来源问题。

4.2 深部韧性剪切带氧化作用衍生金的模式

E. M. Cameron(1989 年)成功地用它解释了石英-碳酸盐金矿床赋存于剪切带中的脆性

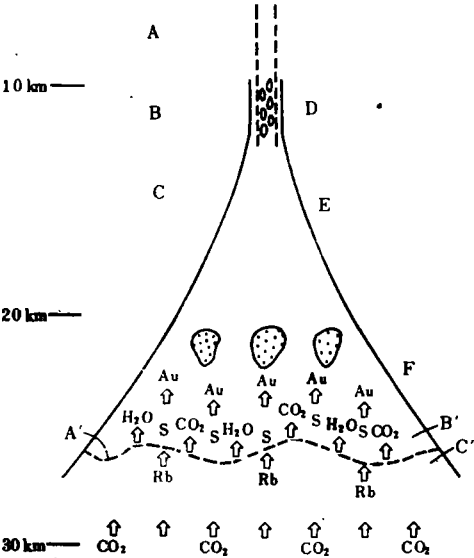


图 2 深部韧性剪切带氧化作用衍生金的模式
(据 E. M. Cameron, 1989)

A. 角闪岩-麻粒岩过渡带; B. H_2O-CO_2-S 流体流动, 金的溶解; C. 脱水带和亲石大离子元素损耗带; D. 石英-碳酸盐金矿脉及其亲石大离子元素富集和岩墙的碳酸盐蚀变; E. 韧性剪切带; F. 部分熔融

有解决金在动力作用下被活化、迁移的理论和实际过程机制,只涉及了状态机制。

另外,还有些解释剪切带金矿成矿机理的观点,如矿液压裂作用和自封作用成矿机制,力学-化学耦合和反馈机制,构造-侧分泌作用,动力变质分异富集金,韧性剪切带脉动式成矿及变质重就位,构造矿源层,变质分泌作用(R. W. Boyle)等,但它们只涉及剪切带金成矿的一个或几个方面。剪切带是一个复杂体系,要充分认识其成矿机制有待进一步的综合研究。

5 几点认识

韧性过渡带或其上部,该模式可用图(2)来表示,深部上升的 CO_2 与角闪岩脱水产生的 H_2 一起组成了 CO_2-H_2O 流体,溶解了下地壳的氧化物和金,并携带金向上运移、聚集及沉淀在脆性-韧性过渡带或其上部。该模式不仅解释了金-碳酸盐来源,而且很好地解释了成矿流体的运移机制和金的沉淀机理,但是否适合剪切带中金-石英脉的富集和沉淀机理有待于进一步的研究。

4.3 含金剪切带变期构造活动与多阶段成矿作用叠加

这是 M. Bonnemaison(1987)年提出来的,他把“含金石英脉”认为是“含金剪切带”的一种特殊情况,并把含金剪切带的演化阶段划分为三个成矿阶段,每个阶段都有专属的矿物相,并富集金,并认为矿化的形态之所以多样化,是与矿化在剪切带内的演化有关。这种观点把成矿阶段与剪切带的活动阶段结合起来,合理地解释了由于不同的构造作用形成了不同的矿化,具有很大的理论和实践意义,但这个观点并没有

从不同学者对与剪切带有关的不同金矿床的研究,我们可以得出以下几方面的认识。

(1)剪切带金矿对时间和地层没有选择性,它们可以产在任何地层年代和不同的地层岩石中,但大部分剪切带型金矿发育在太古代岩石中,与太古代绿岩系有关,所以实际工作中应注意加强对分布在太古代地层中剪切带的研究。

(2)剪切带脆-韧性转变地段,由于氧化-还原循环体系、开放与封闭体系的转变,是含金热液沉淀聚积的有利场所,许多金矿就是产在这些部位的。所以要注意对剪切带展布剖面的研究,认识和确定剪切带脆-韧性转变地段,特别要注意脆-韧性剪切带中的主剪切裂隙D及里德尔共轭剪切裂隙,大多数金矿脉赋存在这些剪切裂隙中。

(3)自然界中许多金矿产在剪切带的石英脉、石英透镜体或硅质析出物中,若含少量的硫化物矿物、绢云母及绿泥石等,对金矿更有利;其各种矿物相中以微砂糖粒状石英对金的沉淀作用最有效;如有少量硫化物存在,金的富集程度更高。故实际工作中要注意观察剪切带中石英存在的矿物相,特别是含少量硫化物及其它中低温蚀变矿物的地段,有可能发现金矿体。

(4)在剪切带的同期或稍晚期,总可见到一些中酸性、中基性岩体(碱性岩、煌斑岩、玢岩、花岗闪长岩等),这些岩浆侵入体可以是在剪切活动中,由于剪切热、挥发份及岩石中水份的共同作用下剪切带内岩石部分熔融而产生的岩浆作用的产物;一些大型剪切带-折离构造可将陆壳上部 and 壳下部的岩石(斜长片麻岩、深变质辉长岩等)迁移到地表上(C. B. 鲁任采夫)。这些现象说明剪切带可以直接控制岩浆活动,为成矿提供条件。所以实际研究中要加强稳定同位素(C、H、O、S)和放射性同位素(Pb等)及气液包裹体成分的研究,并结合实际地质依据来正确地区分单纯的岩浆活动和构造-岩浆活动,从而进一步认识成矿作用的机制。

参 考 文 献

- 1 曹义. 桐柏山西北段南坡韧性剪切带及其含矿机理. 湖北地质, 1990, (2)
- 2 高思远. 韧性剪切带的地质标志及其对小秦岭地区金矿的控制意义. 西北金属矿产地质, 1990, (2)
- 3 李培铮等. 璜山金矿带韧性剪切带构造控矿特征分析. 矿产与地质, 1989, 3(2)
- 4 崔文智. 韧性剪切带的发展演化与金银矿化的基本关系. 黄金地质科技, 1990, (2)
- 5 戴塔根. 构造应力与元素迁移关系初探. 桂林冶金地质学院学报, 1990, 10(3)
- 6 杨元根. 形变实验中的构造地球化学及对成矿的意义. 岩矿测试, 1994, (3)
- 7 杨元根. 贵州烂泥沟金矿的构造控矿特征及其构造地球化学实验研究. 贵州地质, 1995, (1)
- 8 韩梦合. 浙江诸暨璜山一带金矿控矿的构造特征及矿床成因初析. 地质研究, 1987, (4)
- 9 陆础廷等. 广东河台金矿成矿条件的初步分析. 广东地质, 1988, 3(1)
- 10 邱德同. 河台金矿断层岩的地质地球化学特征及其与金矿化的关系. 地质找矿论丛, 1989, 4(4)
- 11 于明旭. 韧性剪切带与金矿化. 沈阳黄金学院学报, 1990, (3)
- 12 樊秉鸿. 辽宁五龙金矿剪切带控矿规律及其成因探讨. 冶金地质动态, 1991, (3)