

# 小秦岭金矿液压致裂成矿机制初探

尉向东<sup>①</sup> 徐 莉 刘长命 盛吉虎

(河南省地质科学研究所)

**摘 要** 根据小秦岭石英脉型金矿床石英脉的空间分布、结构构造特征和矿床形成的温压条件,提出小秦岭金矿的液压致裂定位机制。在成矿期间容矿空间的扩张与矿液的充填是同时的,容矿空间的形成是矿液液压致裂作用的结果。在成矿过程中,随着矿液自身压力的逐渐增加,当达到或超过围岩静压力时,围岩便产生张裂,矿液随之充填沉淀。照此反复进行,矿脉逐渐增生,最终形成不同期次、不同矿化阶段的脉状金矿床。

**关键词** 小秦岭,金矿,液压致裂

## 1 地质概况

小秦岭金矿田位于豫陕交界处,为一呈近东西向展布的狭长地质体。区内出露地层为太古界太华群,构成一近东西向的复式背形构造,南北两侧分别为小河、太要两条围限断裂,呈近东西向波状延伸,使地质体在平面上似“鱼状”。太华群为一套中深变质岩系,以黑云斜长片麻岩、斜长角闪片麻岩、混合岩为主,片麻理方向与区域构造线方向基本一致,呈近东西向。在太华群中广泛发育与区域构造线方向近一致的韧性剪切带。金矿主要赋存于近东西向的韧性剪切带内。

小秦岭金矿自60年代以来,豫陕两省地质部门和大专院校进行了大量的找矿、勘探和研究工作,积累了大量的资料。笔者在前人认识的基础上,经过多方面研究认为小秦岭金矿属中温热液型金矿。成矿热液为大气降水与地层中其他成因热液的混合水。成矿物质主要来源于太华群变质岩。成矿热液在地层中渗透、溶离成矿物质,运移到韧性剪切带中沉淀而成矿,其定位机制为液压致裂作用。

## 2 液压致裂成矿特征

小秦岭金矿的液压致裂成矿特征,在含金石英脉的结构构造上表现尤为明显。现据组成脉

<sup>①</sup> 作者简介:尉向东,男,28岁,1985年毕业于南京大学,工程师,矿产地质。邮编450053,郑州市黄河路41号

收稿日期:1992-04-21;改回日期:1993-03-20

体物质成分的差异,将含金石英脉的结构构造划分为三种类型。

### 2.1 石英脉中围岩夹石的构造特征

许多大的石英脉体中含有大量的糜棱岩等围岩夹石,依其形态可分为角砾状和条带状两种,角砾状围岩夹石与一般的断层角砾显著不同,不具旋转或磨损现象。脉体中可见较大的围岩夹石被石英脉体分开,具可拼性,这些夹石多分布在石英脉的边部,由边部向中心逐渐减少直至消失。在石英脉的边部,有时围岩夹石成为主要成分,石英脉呈似胶结物状,形成假角砾岩脉。另外,石英脉中一些较大的围岩夹石多呈透镜状,其长轴多平行脉体边界展布。上述特征说明围岩夹石不是由断裂形成的角砾,而是由矿液充填过程中较高的流体压裂作用的结果。

条带状的围岩夹石,呈细条状,连续或断续分布,多平行于脉体边界与石英脉体相间分布。石英脉中的围岩条带,一般在脉的边部或在较小的石英脉透镜体中表现明显,条带完整且较多,而在较大的石英脉体的中部,由于热液的强烈交代作用,多呈残留的小透镜体不连续定向分布。这种围岩条带,国外一些学者称为“围岩隔板”(C. J. Hodson, 1989),并认为它是矿脉增生的连续幕中,由于开裂愈合作用而残留的围岩碎片。

### 2.2 石英脉内金属硫化物的构造特征

在杨砦峪、文峪等矿区,大量的黄铁矿等金属硫化物呈条带状展布。黄铁矿条带在石英脉透镜体的中部较多,而在尖灭部位则逐渐收敛变少。黄铁矿条带多平行脉体边界,且在平行的黄铁矿条带之间可见垂直的黄铁矿条带。

### 2.3 石英脉的结构构造特征

许多石英脉中可以见到后期石英晶洞,大型石英脉体可由许多不同期的石英脉透镜体或平行石英复脉等组成。这再次说明含金石英脉的形成,决不是一次简单的热液充填而成,它是由含矿溶液多次脉动,逐渐增生的产物。

另外,在金铜岔探矿坑道中,发现伟晶岩脉穿切糜棱岩,同时又见到伟晶岩脉两侧有含金

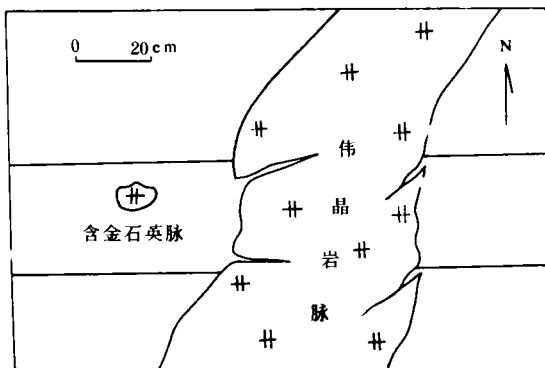


图1 含金石英脉与伟晶岩脉穿插关系图

石英脉出现。乍看起来好像伟晶岩脉穿切了含金石英脉,但仔细观察发现:含金石英脉中伸出数条宽1~2cm的石英细脉穿到伟晶岩中,且有伟晶岩碎块落入含金石英脉中(图1)。这从另一方面说明了含金石英脉的形成不是简单的由矿液沿已有断裂充填而成。且在成矿过程中没有剧烈的构造活动使伟晶岩脉被切断,而伟晶岩脉边缘的破碎及石英脉中的伟晶岩碎块,仅是在成矿期间由于流体压力而使伟晶岩脉发生微破碎的结果。

## 3 石英包裹体特征

对含金石英脉中石英包裹体的测压表明,成矿溶液具有静压力,成矿是在地下深处(1~5km)的封闭环境中进行的。含金石英中的杂质含量低于围岩中石英内的杂质含量;脉石英的X射线数据表明,成矿溶液具有较高的压力,这表现在以下几个方面:

- a. 围岩石英面网间距大于脉石英,说明含金石英脉是在高压流体中结晶生长的;
- b. 衍射强度 X 射线的脉石英低于片麻岩中石英。依压力与衍射强度呈反变关系的准则,说明脉石英形成时承受的压力大于围岩的静压力。
- c. 脉石英与标准石英的晶胞参数相比,它的  $a_0$ 、 $c_0$  值缩小,而片麻岩中石英  $a_0$ 、 $c_0$  值略有增加。晶胞参数的缩小,表明脉石英的形成具有较高的压力;而  $a_0$ 、 $b_0$ 、 $c_0$  值均有缩小,则进一步说明石英脉的形成不是在定向压力下,而是在流体的均向压力下形成的。

#### 4 液致裂成矿机制

上述种种宏观、微观现象以及对脉石英的各项测试数据表明,小秦岭金矿在成矿过程中,矿床定位机制以液致裂作用为主,容矿空间的形成是矿液液致裂作用的结果,与矿液充填是同时的。在韧性剪切带发育的早期阶段以形成交代脉为主,而到晚期,随着矿液在韧剪切带中的运移和集中,致使热液本身的压力不断增加,当液体压力达到或超过围岩静压力时,便产生破裂,矿液便充填在这些张性裂隙中。此时矿液压力减低,矿物结晶沉淀,达到液致裂与围压的暂时平衡。由于减压及矿质沿裂隙的沉淀,裂隙便愈合。此后矿液压力再次逐渐积累,原平衡被破坏,当矿液压力再次达到或超过围岩静压力时,又重新产生张裂,矿质结晶沉淀,如此反复进行。由于先成裂隙的继承性,矿液多次脉动充填,矿脉逐渐增生,最终形成不同期次,不同矿化阶段的脉状金矿床。

含矿流体挤开围岩产生破裂的过程可从应力莫尔圆图解得到解释:岩石块体(假设为均质体)受到  $\sigma_1$ 、 $\sigma_3$  应力作用,其应力状态可作应力莫尔圆来表示(图 2),其坐标方程式为:

$$\left(\sigma - \frac{\sigma_1 + \sigma_3}{2}\right)^2 + \tau^2 = \left(\frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2}\right)^2 \quad (1)$$

有一条破裂莫尔包络线,它是与岩石抗张强度有关的一条曲线,如果应力莫尔圆与包络线接触则岩石产生破裂。当有流体作用于围岩后,设液体的压力为  $p_f$ ,则有效正应力  $\sigma_n = \sigma - \gamma p_f$ ,其中  $\gamma$  为校正系数。这时的  $\sigma_n$  所代表的应力状态,服从新的莫尔圆方程。

$$\left(\sigma - \frac{\sigma_{n1} + \sigma_{n3}}{2}\right)^2 + \tau^2 = \left(\frac{\sigma_{n1} - \sigma_{n3}}{2}\right)^2 \quad (2)$$

又因:  $\sigma_{n1} = \sigma_1 - \gamma p_f$

$$\sigma_{n3} = \sigma_3 - \gamma p_f$$

则:  $\left[\sigma - \left(\frac{\sigma_1 + \sigma_3}{2} + \gamma p_f\right)\right]^2 + \tau^2 = \left(\frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2}\right)^2 \quad (3)$

应力莫尔圆的圆心坐标为:  $\left[\left(\frac{\sigma_1 + \sigma_3}{2} + \gamma p_f\right), 0\right]$ , 半径为  $\left(\frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2}\right)$ , 与原莫尔圆相比,相当于其圆心向左移动了  $\gamma p_f$  的距离。

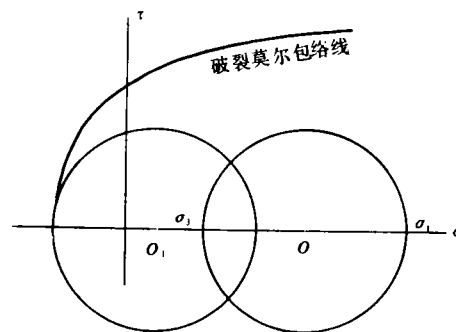


图 2 岩石破裂的莫尔圆图解

小秦岭含金石英脉均赋存于强烈片理化的韧性剪切带中,其中的力学性质表现为高度的各向异性,特征是正交片理方向的抗张强度  $T_1$  比平行片理的抗张强度  $T_2$  要高。在莫尔圆图解上出现两条破裂包络线。平行片理方向的破裂包络线与正交片理方向的破裂包络线相比出现在应力较低处(图3)。在成矿过程中,随着流体压力的不断增加,应力莫尔圆左移,应力莫尔圆首先与平行片理方向的破裂包络线相切,优先产生平行片理方向的破裂。从而使小秦岭金矿床中含金石英脉透镜体多数呈平行片理方向分布。

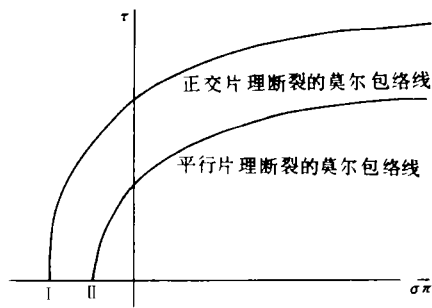


图3 莫尔图解

### 参 考 文 献

- 1 Kerrich R 等,汪东坡译. 耶洛奈夫剪切带中的脉金矿床. 地质科学译丛,1989(3)
- 2 Hodgson C Jay 著,刘鸿强译,与剪切带有关的脉金矿床构造之评论. 国外地质,1990(4)

## A PRELIMINARY RESEARCH ON FLUID FRACTURING MECHANISM ON XIAOQINLING DEPOSITS

Yu Xiangdong Xu Li Liu Changming Sheng Jihu

(Institute of Geological Science of Henan Province)

### Abstract

We put forward fluid fracturing location mechanism of ore body by analyzing space distribution, texture, structure of quartz vein and temperature-pressure condition during deposit forming in Xiaqingling quartz vein-style deposit. During mineralization, tension of host space and ore fluid filling are simultaneous, formation of the host space is the result of fluid-fracturing. During deposit forming, as the fluid pressure increasing, wall rock produced tension crack when the fluid pressure is equal to or exceed wall rock pressure, then, ore fluid filled and deposited in it. As the same way, overgrowth of the ore body, at last, formed "vein-style" gold deposit of different times and stages of mineralization.

**Key words** Xiaqingling, gold deposit, fluid fracturing