

黔东南锦屏金矿成矿模式的模拟实验

吴学益¹, 卢焕章^{1,2}, 王中刚¹, 陈文益³, 朱笑青¹, 胡瑞忠¹

WU Xue-yi¹, LU Huan-zhang^{1,2}, WANG Zhong-gang¹,

CHEN Wen-yi³, ZHU Xiao-qing¹, HU Rui-zhong¹

1. 中国科学院地球化学研究所矿床地球化学国家重点实验室, 贵州 贵阳 550002;

2. 魁伯克大学地质系, GH7 ZB1, 加拿大; 3. 贵州省地勘局地质科学研究所, 贵州 贵阳 550004

1. *Key Laboratory of Ore Deposit Geochemistry, Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guiyang 550002, Guizhou, China;*

2. *Department of Geology, University of Quebec, GH7 ZB1, Canada;*

3. *Institute of Geological Sciences, Guizhou Bureau of Geology and Mineral Exploration and Development, Guiyang 550004, Guizhou, China*

摘要: 利用中国科学院地球化学研究所矿床地球化学国家重点实验室的实验设备对黔东南锦屏金矿进行了成矿模式的模拟实验。通过剪切实验, 变形、破裂实验, 成矿物质活化、迁移实验, 成矿模式模拟实验和多次应力实验, 获得了成矿物质以碎粒流和塑性流动的方式顺层及穿层充填并在褶曲核部富集的结果, 多次应力实验使成矿物质叠加富集。实验结果初步证实了锦屏石英脉金矿的成矿模式, 为该区构造控制金矿提供了重要的实验资料, 也为今后研究该区金矿的成矿规律和找矿提供了有益的信息。

关键词: 金矿成矿模式; 模拟实验; 贵州省锦屏县

中图分类号: P618.51; P611.5

文献标志码: A

文章编号: 1671-2552(2007)12-1536-13

Wu X Y, Lu H Z, Wang Z G, Chen W Y, Zhu X Q, Hu R Z. Modeling experiments for the metallogenic model of the Jinping gold deposits, southeastern Guizhou, China. *Geological Bulletin of China*, 2007, 26(12):1536-1548

Abstract: Modeling experiments for the metallogenic model of the Jinping gold deposits, eastern Guizhou, were performed with the experimental instruments at the State Key Laboratory of Mineral Deposit Geochemistry, Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences. Through the shear experiment, deformation and rupture experiment, ore-forming material remobilization experiment, metallogenic model modeling experiment and several stress experiments, the authors found that ore-forming materials occurred in the modes of broken grain flow and plastic flow filling along and across bedding and concentrated in the cores of folds, and through several stress experiment the ore-forming materials were stacked and concentrated. The experimental results have preliminarily demonstrated the metallogenic model of the Jinping quartz vein gold deposits and provided important scientific experimental data for the structural control of gold deposits in the area and also furnished useful information for the study of the metallogenic characteristics of gold deposits and further gold prospecting in the area.

Key words: metallogenic model of gold deposit; modeling experiment; Jinping County, Guizhou Province

1 黔东南地区金矿的成矿地质背景

黔东南锦屏地区出露地层有前震旦系下江群、震旦系、石炭系、二叠系、侏罗系、白垩系及零星分布

的第四系。其中震旦系与前震旦系下江群、石炭系与下江群或震旦系、二叠系与下江群、白垩系与下江群、第四系与下伏诸地层均为角度不整合接触。石炭系与二叠系、侏罗系与二叠系之间呈平行不整合接

收稿日期: 2007-01-21; 修订日期: 2007-10-15

基金项目: 中国科学院杰出青年基金和贵州省政府科技基金资助的部分成果。

作者简介: 吴学益(1934-), 男, 研究员, 从事矿床、矿田构造和构造地球化学实验研究。E-mail: wuhuiming@vip.gyig.ac.cn

触。根据地层的接触关系,可以划分为前震旦系的雪峰构造层、泥盆系前的加里东构造层、三叠系前的海西—印支构造层和侏罗系沉积之后的燕山—喜马拉雅构造层^[1]。

中元古代晚期(850 Ma),雪峰运动以后,该区古老的地壳已由大洋地壳经陆缘过渡型演化为大陆型

地壳。雪峰期构造运动基本上奠定了区内东西向和北东向构造的格局。加里东构造运动使黔东南锦屏县北部东西向的高酿基底剪切断裂带和南部东西向的凯里—台江—剑河—启蒙重力等深线高值带(启蒙基底剪切断裂带)发生右旋剪切作用,进一步强化了该区北东向的构造格局(图1)。

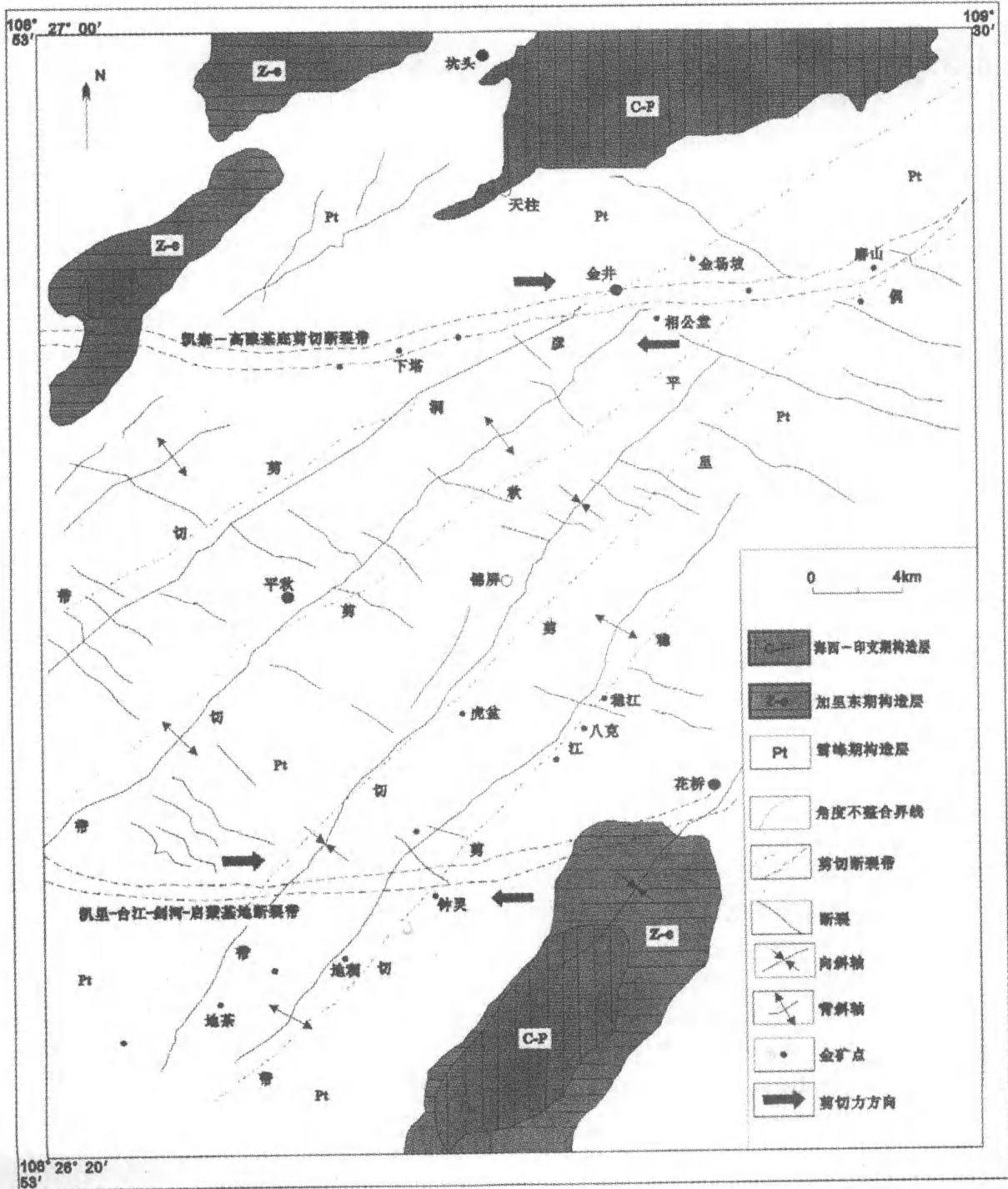


图1 黔东南锦屏、天柱地区构造地质图

Fig. 1 Structural map of the Jinping and Tianzhu areas, southeastern Guizhou

在黔东南锦屏县下江群分布区都有金矿分布。此外,在下江群浊积岩地层中经常可以看到许多细小的黄铁矿细脉,在地层中散布许多星点状的金黄铁矿和毒砂^[2]。吴攀^[3]曾对花桥金矿岩石的含金性进行过研究,其中27个样品的含Au平均值为 5.36×10^{-9} ,用电子探针法获得了花桥金矿石英脉中黄铁矿内Au的平均含量(共3个样品)为 0.13×10^{-6} 。卢焕章等^[4]也对锦屏县城-平秋公路剖面和锦屏-天柱县城公路剖面共150个样品进行了分析,结果平均含Au为 $2 \times 10^{-9} \sim 5 \times 10^{-9}$,与吴攀^[3]获得的结果相似。这说明黔东南锦屏县下江群中有形成金矿的丰富的成矿物质,并在该区多期多次构造运动的作用下,原先分散在下江群浊积岩中的Au活化、迁移和富集。

2 黔东南锦屏县金矿的成矿模式

黔东南锦屏县分布的地层主要是前震旦系下江群,从下至上分为番召组、清水江组、平略组和隆里组。区内最老的地层为番召组,可分为2段,岩性均为灰-灰绿色板岩夹少量变余砂岩及变余凝灰岩,厚度大于1000 m,产含金石英脉。清水江组为浅灰、灰绿及深灰色变余凝灰岩、变余层凝灰岩(见马尾丝状)、变余砂岩和板岩互层,厚2300~3700 m,见含金石英脉。平略组主要为浅灰、灰绿色板岩夹少量变余砂岩,目前在该组中尚未发现含金石英脉。根据隆里组的岩性特征,可将其划分为2段:一段为浅灰色至灰色变余砂岩、变余粉砂岩夹板岩,厚600~800 m,见含金石英脉;二段为浅灰绿、灰绿色板岩夹少量细砂岩,厚700~900 m,产含金石英脉。一般说来,番召组处于背斜的核部,其余依次分布于背斜翼部,含金石英脉沿背斜顺层或穿层呈似层状、脉状产出,明显受背斜构造的控制(图2、图3)。

锦屏县广泛分布有产于下江群浊积岩中的受剪切带和北东向背斜控制的石英脉型金矿,如锦屏县的平秋金矿产于平秋背斜和平秋剪切带;八克金矿产于稳江背斜和稳江剪切带;同古金矿产于山洞背斜和同古剪切带。这种由深大断裂剪切活动产生的褶皱、断裂和顺层、穿层石英脉金矿的“三位一体”是锦屏县石英脉型金矿的成矿模式。在锦屏县城南三江路红星桥头公路边的岩壁剖面上出现的剪切带-背斜-石英脉三者所反映的相互关系就是该区石英脉型金矿成矿模式的具体表现(图版 I-1)。

为了深入研究该区金矿的成矿规律,笔者在锦

屏县平秋金矿、同古金矿和八克金矿中采取有代表性的岩石和矿石样品,进行金矿成矿模式的模拟实验。

3 锦屏县金矿成矿模式的模拟实验

(1)模拟实验的设备条件和实验方法:锦屏县金矿成矿模式的模拟实验是在中国科学院地球化学研究所矿床地球化学国家重点实验室进行的,应用构造地球化学高温高压实验条件,将岩石和矿石样品切成 $\Phi 17 \text{ mm} \times 40 \text{ mm}$ 的圆柱或 $17 \text{ mm} \times 17 \text{ mm} \times 60 \text{ mm} \sim 100 \text{ mm}$, $20 \text{ mm} \times 20 \text{ mm} \times 60 \text{ mm} \sim 100 \text{ mm}$ 的方柱,用清水或不同浓度的NaCl溶液浸泡后放在活塞圆筒式高温高压容器中或柱塞式高温高压模具中进行高温高压实验^[5-9]。有时向柱塞式模具中样品的顶端加入不同浓度和重量的NaCl溶液到样品的底部,使溶液在高温高压实验中发挥作用。

(2)剪切作用实验:锦屏县金矿主要受北部高酿基底剪切带和南部凯里-台江-剑河-启蒙基底剪切带的控制。由于基底剪切断裂的剪切活动,在这2条剪切断裂之间发育一系列轴向为北东的背斜和剪切断裂,金矿明显受北东向背斜构造的控制,并沿背斜构造的层间虚脱部位充填形成顺层含金石英脉,或沿穿层断裂或裂隙充填形成穿层的含金石英脉。为此,笔者进行了剪切作用模拟实验,即模拟剪切作用下变形、破裂及物质活化、迁移的模拟实验。剪切模拟实验是将方柱样品斜切2刀,并在刀口中充填石英粉末或金精矿(含金硫化物)粉末,当方柱样品受力时产生剪切作用,样品在剪切过程中发生变形、破裂,其中的石英、含金硫化物也随着变形、破裂发生明显的变化(表1)。剪切模拟实验的结果表明:剪切活动不仅使岩石、矿石产生塑性变形和脆性破裂,而且使岩石、矿石中的成矿物质活化迁移,其产生的变形、破裂为成矿物质的活化、迁移提供了有利条件。

(3)岩石构造变形实验:锦屏金矿区不同岩石、矿石在模拟构造作用的高温高压条件下的变形、破裂实验结果见表2。变形实验结果表明:不同的岩石在相近的温度、压力、时间的实验条件下,刚性岩石容易产生脆性变形和不规则的破裂,柔性岩石则容易产生塑性变形和共轭的X剪切破裂;甚至同一样品在相同的实验条件下,样品中刚性的部分产生脆性变形,相对柔性的部分则产生塑性变形(图版 I-2)。同种岩石在不同的温度、压力、时间的实验条件下,其变形特征不同。当温度、压力较低和时间较短

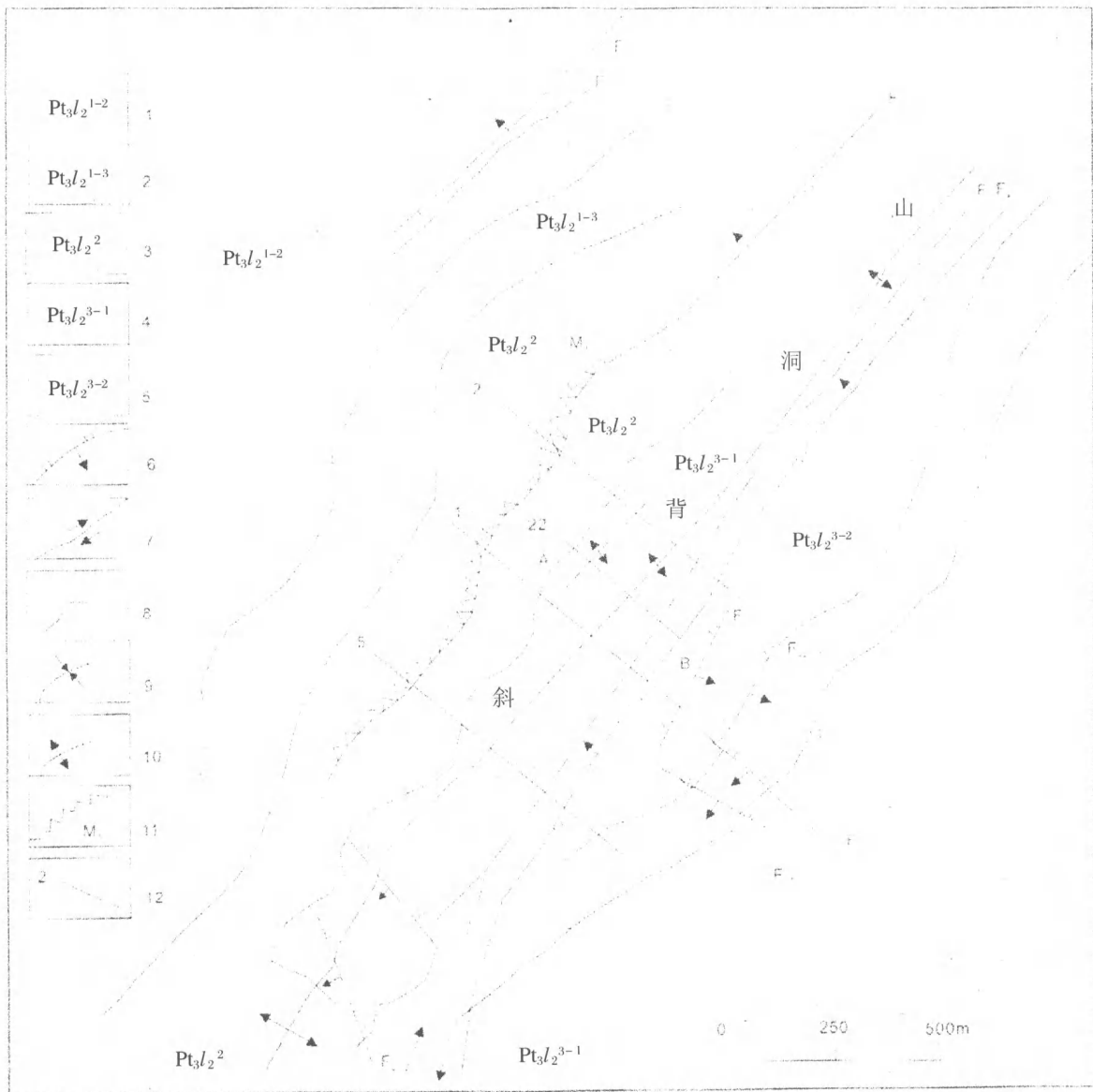


图2 黔东南锦屏县同古金矿床地质图

Fig. 2 Geological map of the Tonggu gold deposits, Jinping County, southeastern Guizhou
 1~5—下江群隆里组:1—第二段第一亚段二层;2—第二段第一亚段三层;3—第二段第二亚段;
 4—第二段第三亚段一层;5—第二段第三亚段二层;6—逆断层;7—平移断层及推测;
 8—地层界线及推测;9—向斜;10—背斜及推测;11—含金石英脉及编号;12—勘探线及编号

时,容易产生脆性变形和不规则的破裂(图版 II-1);而在温度、压力较高和时间较长的实验条件下,则容易产生塑性变形和共轭的X剪切破裂(图版 II-2),产生的变形、破裂为成矿提供了有利的空间条件。

(4)物质活化、迁移的模拟实验:根据锦屏同古金矿和锦屏县城至平秋镇沿公路剖面地层含Au性的研究结果,该地区地层的平均含Au量分别为 5.36×10^{-9} 和 7.13×10^{-9} ,均高于地壳含Au的平均值,同

时可以看出地层的Au含量随岩石变形增强而升高,一般在褶皱核部和断裂裂隙发育处Au含量明显升高。为此,笔者进行了物质活化、迁移模拟实验(表3)。实验结果表明:随着温度、压力的升高和时间的延长,岩石、矿石不仅变形破裂明显地加强,其中的成矿物质,如含金硫化物也产生活化、迁移和聚集,常填充在新产生的裂隙中(图版 II-3、III-1)。特别是有流体参与实验时,物质活化、迁移、聚集更加明

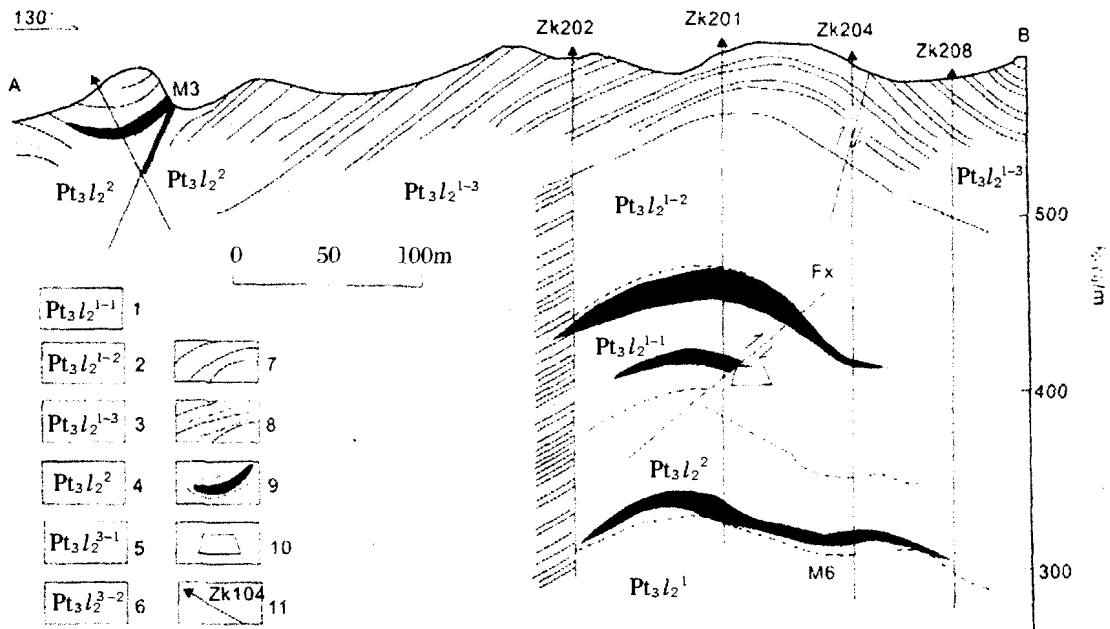


图3 同古金矿2号勘探线地质剖面

Fig. 3 Geological section along line 2, Tonggu gold deposit

1~6—下江群隆里组:1—第二段第一亚段一层;2—第二段第一亚段二层;3—第二段第一亚段三层;4—第二段第二亚段;5—第二段第三亚段一层;6—第二段第三亚段二层;7—砂质板岩;8—变余砂岩;9—含金石英脉;10—平洞;11—钻孔及编号

显(图版Ⅲ-2)。

(5)黄铁矿成分变化的模拟实验:锦屏石英脉金矿与黄铁矿的关系密切,黄铁矿是石英脉金矿中主要的载金矿物。因此,笔者进行了黄铁矿成分变化的模拟实验(表4)。实验分析结果表明:实验后黄铁矿中的成矿元素比实验前黄铁矿中的成矿元素有增高的趋势。这与前面的岩石变形、成矿物质活化迁移模拟实验的结果相一致。

(6)成矿模式的模拟实验:根据锦屏县金剪切带-褶皱-石英脉三者相互联系三位一体的成矿模式,笔者进行了成矿模式模拟实验,即剪切作用、岩石变形、物质活化迁移、聚集特点等模拟实验。实验结果表明:剪切作用使岩石变形破裂,成矿物质以碎粒流及塑性流的方式活化、迁移,在褶皱核部或褶皱虚脱部位的层间破碎带或穿层裂隙中充填聚集,形成顺层和穿层的脉矿,并于褶皱核部的虚脱部位形成富矿体(图版Ⅲ-3)。

(7)多次应力模拟实验:黔东南锦屏地区先后经历了四堡—雪峰期、加里东期、海西—印支期、燕山期、喜马拉雅期等多期构造运动。为此,笔者进行了多

次构造作用模拟实验,目前只做了2次构造作用的应力实验。

实验结果(表5)表明:经多次应力实验后的岩石、矿石更易产生变形、破裂和物质活化、迁移,成矿物质明显地叠加富集(图版Ⅳ)。

4 锦屏县金矿成矿模式模拟实验的地质意义

①通过模拟实验可以获得岩石、矿石变形和破裂的特征,加深对锦屏地区构造特征的认识。②通过剪切作用的模拟实验,加深对锦屏地区南北2条剪切带剪切活动的认识。③通过成矿物质活化、迁移模拟实验,获得对锦屏地区顺层与穿层含金石英脉金矿成矿规律的深刻认识。④通过锦屏金矿成矿模式的模拟实验,可以加深对该地区金矿成因的认识。⑤模拟实验为该地区的成矿研究提供了科学的实验资料,也为在该区进一步找矿和扩大矿区成矿远景提供了有益的信息。

致谢:中国科学院地质与地球物理研究所电子探针实验室为实验前、后样品进行电子探针分析,特此致谢。

表 1 剪切模拟的实验结果
Table 1 Experimental results of shear modeling

矿区	样品号	岩性	样品状态	实 验 条 件				实验前后样品的主要特征
				温度 /°C	轴压 /MPa	围压 /MPa	时间 /h	
平 秋 金 矿	J _{P04} -69	油 积 岩	实验前					实验前颗粒均匀, 变形不明显
	J _{P04} -69-4		实验前从样品顶部加 10% 浓度 NaCl 溶液 150g 至样品底部	500	1750	437	1	实验后发育顺层裂隙与穿层裂隙, 硫化物沿顺层裂隙与穿层裂隙充填。呈不规则状
	J _{P04} -69-5		实验前从样品顶部加入 10% 浓度的 NaCl 溶液 400g 至样品的底部	500	1280	320	270	实验后发育顺层裂隙与穿层裂隙, 有石英呈脉状沿裂隙充填
	J _{P04} -69-6			630	1300	325	24	实验后发育顺层裂隙与穿层裂隙, 石英沿顺层和穿层裂隙充填
	J _{P04} 502		实验前					实验前颗粒均匀, 韵律清楚, 变形不明显
	J _{P04} 502-1		实验前从样品顶部加入 10% 浓度的 NaCl 溶液 440g 至样品的底部	630	1604	401	30	实验后发育不规则裂隙, 呈交叉状裂隙, 有石英沿裂隙充填
J _{P04} 502-2	实验前从样品顶部加 10% 浓度的 NaCl 溶液 220g 至样品的底部	630	1850	462	130	实验后发育 2 组共轭 X 裂隙, 在共轭 X 裂隙的基础上发育不规则追踪裂隙, 局部见塑性变形, 硫化物呈塑性状态沿裂隙充填		
J _{P04} 502-3	实验前从样品顶部加入 10% 浓度的 NaCl 溶液 510g 至样品的底部	630	1480	370	226	实验后发育不规则交叉状裂隙, 迁就交叉状裂隙局部形成弯曲、弧形裂隙, 局部裂隙中有石英或硫化物充填		
J _{P04} 502-4	实验前从样品顶部加 5% 浓度的 NaCl 溶液 600g 至样品底部	630	1300	325	488	实验后发育 2 组交叉状裂隙, 局部迁就交叉裂隙发育成弧状裂隙。局部裂隙中有石英充填而呈石英脉		
同 古 金 矿	GZ ₀₃ -25	变 余 砂 岩	实验前					实验前颗粒均匀, 变形不明显
	GZ ₀₃ -25-13		实验前从样品顶部加 10% 浓度的 NaCl 溶液 80g 至样品底部	630	1600	400	152	实验后发育不规则裂隙, 呈交叉状裂隙, 将试样分割成大小不一、形状不规则的块体

表2 构造与岩石、矿石变形的实验结果

Table 2 Experimental results of structure and rock and ore deformation

矿区	样品号	岩性	样品状态	实验条件				实验前后样品的 主要特征
				温度 /°C	轴压 /MPa	围压 /MPa	时间 /h	
平 秋 金 矿	J _{P04} -501		实验前					实验前韵律清楚, 变形不明显
	J _{P04} -501-11	浊 积 岩	实验前从样品顶部加入 5% 浓度的 NaCl 溶液	700	1340	335	298	实验后除发育顺层裂隙外, 还发育斜交层纹的共轭 X 裂隙, 局部见硫化物沿裂隙充填
	J _{P04} -501-12		600g 至样品的底部	700	1050	242	95	实验后除发育顺层裂隙外, 还发育斜交层纹的共轭 X 交叉裂隙, 局部有充填物
	J _{P04} -501-8			650	1250	312	108	实验后发育 2 组裂隙, 一组顺层, 一组穿层, 构成 X 裂隙
同 古 金 矿	GZ ₀₃ -25		实验前					实验前矿物颗粒大小均匀, 变形不明显
	GZ ₀₃ -25-3	变 余 砂 岩	实验前从样品顶部加 10% 浓度的 NaCl 溶液 40g 至样品底部	700	2150	537	362	实验后发育 2 组裂隙, 一组顺层一组穿层, 顺层者较穿层裂隙更发育, 局部见硫化物沿裂隙充填并具塑性特点
	GZ ₀₃ -25-4		实验前从样品顶部加 10% 浓度的 NaCl 溶液 90g 至样品底部	700	2250	560	240	实验后发育不规则的裂隙
	GZ ₀₃ -25-9		实验前从样品顶部加 5% 浓度的 NaCl 溶液 80g 至样品底部	700	1550	385	65	实验后发育 2 组裂隙, 呈 X 交叉裂隙
八 克 金 矿	BK-5 GZ ₀₃ -28		实验前					实验前变形不明显
	BK5-4	铁 白 云 石 化 板 岩	实验前从样品顶部加入 10% 浓度的 NaCl 溶液 100g 至样品的底部	700	1428	357	18	实验后发育不规则的裂隙, 将试样分割成石块, 石块为脆性变形, 而围绕石块的部分表现为塑性变形, 含金硫化物呈塑性充填
	BK5-8		实验前从样品顶部加 10% 浓度的 NaCl 溶液 80g 至样品底部	700	1400	350	78	实验后发育不大明显的 2 组呈交叉状的隐裂隙
	GZ ₀₃ -28-3		实验前从样品顶部加 10% 浓度的 NaCl 溶液 80g 至样品底部	700	2050	510	170	实验后发育 2 组共轭的 X 裂隙, 将试样分割成大大小小的形态不一的四边形
GZ ₀₃ -28-4		实验前从样品顶部加 10% 浓度的 NaCl 溶液 80g 至样品底部	700	1900	470	150	实验后发育 2 组裂隙, 它们交叉构成 X 型裂隙	

表3 物质活化、迁移的实验结果
Table 3 Experimental results of remobilization of materials

矿区	样品号	岩性	样品状态	实验条件				实验前、后样品的主要特征
				温度 /°C	轴压 /MPa	围压 /MPa	时间 /h	
平 秋 金 矿	GZ ₀₃ -15	变质砂岩	实验前					实验前矿物颗粒大小均匀, 无明显变形
	GZ ₀₃ -15-6		实验前加入 10% NaCl 溶液 35g 至样品底部	560	2000	500	73	实验后发育不规则裂隙, 含金硫化物沿顺层裂隙充填
	GZ ₀₃ -15-9		实验前从样品的顶部加入 5% 浓度 NaCl 溶液 600g 至样品的底部	700	1340	336	137	实验后层理弯曲, 产生层间裂隙, 含金硫化物沿层间裂隙顺层充填
	GZ ₀₃ -15-10		实验前从样顶部加入 10%NaCl 溶液 600g 至样品的底部	700	1500	375	343	实验后顺层微弯曲呈波状, 发育顺层与穿层裂隙, 含金硫化物沿顺层裂隙充填
	J _{p05} -4-1		实验前从样顶部加入 10%NaCl 溶液 600g 至样品的底部	700	1400	350	520	实验后产生顺层褶曲, 含金硫化物沿裂隙充填
	GZ ₀₄ -21-4		实验前从样顶部加入 10%NaCl 溶液 80g 至样品的底部	500	1450	360	12	实验后产生顺层褶曲, 含金硫化物沿褶曲核部充填
同 古 金 矿	GZ ₀₃ -25	砂质板岩	实验前					实验前矿物颗粒均匀, 无明显变形
	GZ ₀₃ -25-3		实验前加入 10% NaCl 溶液 40g	560	2150	537	362	实验后产生顺层与穿层裂隙, 含金硫化物沿顺层裂隙充填
	GZ ₀₃ -25-12		实验前从样品顶部加入 10%浓度 NaCl 溶液 80g 至样品的底部	630	1530	380	34	发育 2 组交叉 X 裂隙, 局部迁就 X 裂隙呈弧形, 含金硫化物沿 X 裂隙充填
	GZ ₀₃ -25-13		实验前从样品顶部加入 10%浓度 NaCl 溶液 150g 至样品的底部	630	1600	400	152	发育交叉裂隙, 上部迁移交叉裂隙呈弧形, 沿裂隙有石英和硫化物充填
八 克 金 矿	BK5	铁白云石化板岩	实验前					矿物颗粒均匀, 铁白云石零星分布, 变形不明显
	BK5-4		实验前从样品顶部加入 10%浓度 NaCl 溶液 100g 至样品底部	700	1248	310	74	实验后发育不规则裂隙, 含金硫化物沿裂隙充填
	BK5-1		实验前从样品顶部加入 10%浓度 NaCl 溶液 100g 至样品底部	700	1440	360	72	实验后发育 2 组呈交叉的 X 裂隙, 局部裂隙中有含金硫化物充填
	BK5-2		实验前从样品顶部加入 10%浓度 NaCl 溶液 100g 至样品底部	700	1900	475	150	实验后发育不规则裂隙, 局部裂隙中有含金硫化物充填
	BK5-3		实验前从样品顶部加入 10%浓度 NaCl 溶液 100g 至样品底部	700	1450	360	74	实验后发育不规则裂隙, 局部裂隙中有含金硫化物充填

表4 实验前后黄铁矿中元素含量的对比
Table 4 Comparison of elements in pyrite before and after the experiment

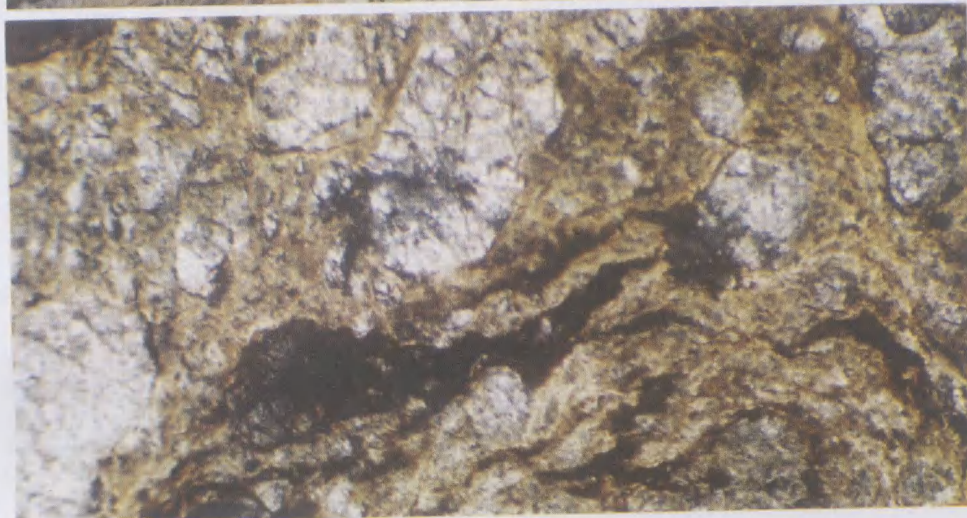
矿物	Fe	S	As	Au	Cu	Ag	Zn	总量
实验前 黄铁矿	46.060	54.160	0.136	0.011			0.006	100.373
	45.408	51.304	2.654			0.007		99.373
	45.675	52.648	1.753	0.022				100.098
	45.274	53.111	1.335					99.720
实验后 黄铁矿	46.266	52.260	2.195	0.011	0.032	0.153		100.917
	45.847	51.540	2.567	0.044			0.030	100.028
	45.648	52.469	1.343	0.011	0.106	0.140	0.079	99.796
	46.613	52.933	0.320	0.172	0.034	0.070		100.141

注:分析由中国科学院地质与地球物理研究所电子探针实验室完成;元素含量%

图版 I Plate I

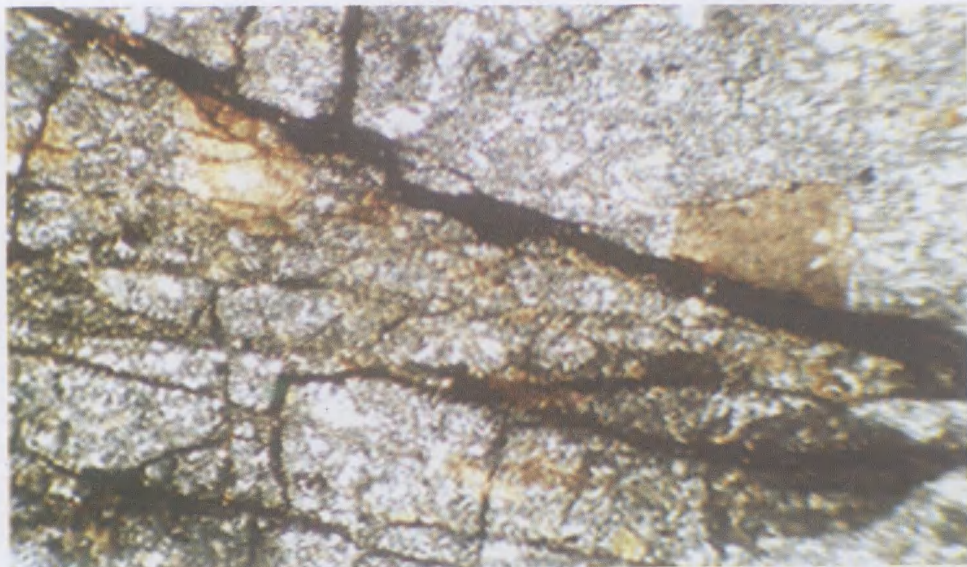


1. 锦屏县城南三江路红星桥头公路边岩壁剖面上,剪切带-背斜-顺层石英脉三位一体的成矿模式(照片左右宽度的实际距离约11m)

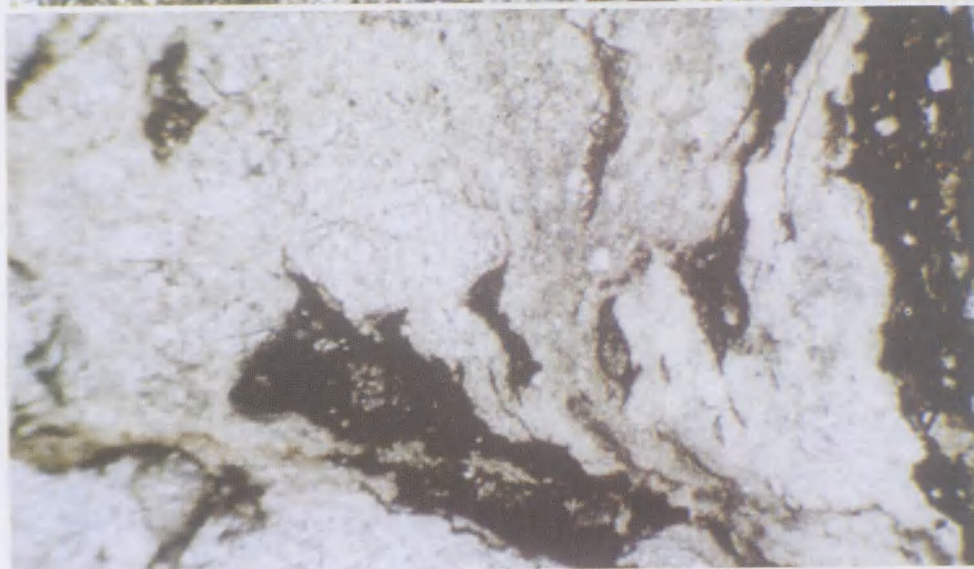


2. BK5-4,八克金矿,铁白云石化板岩。实验后刚性部分发生脆性变形,柔性部分发生塑性变形。实验温度为700°C,轴压为1428MPa,围压为357MPa,时间18h。×30(-)

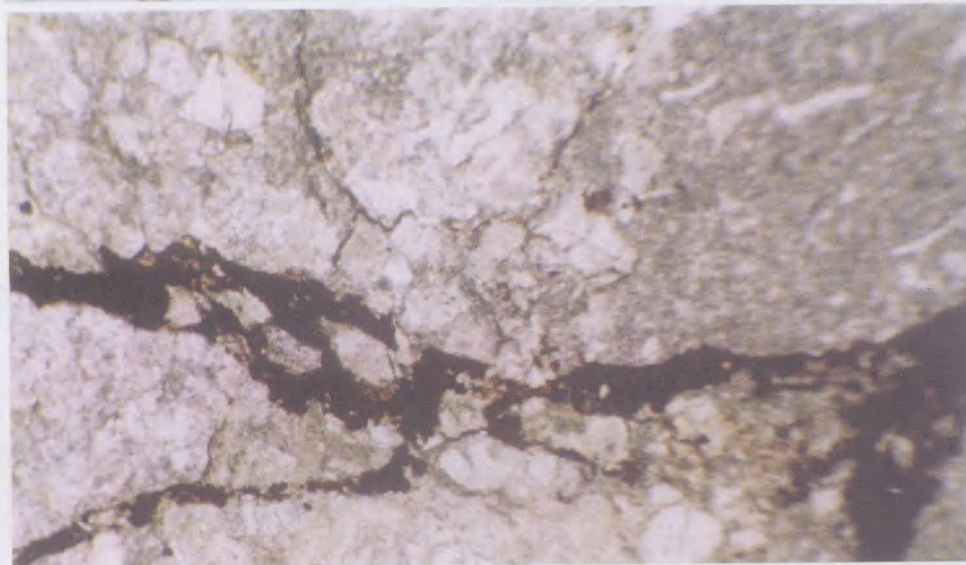
图版 II Plate II



1. BK5-2, 八克金矿, 铁白云石化板岩。实验后产生不规则裂隙, 含金硫化物沿裂隙充填。实验温度 700°C, 轴压 1550MPa, 围压 385MPa, 时间 75h。×30(+)

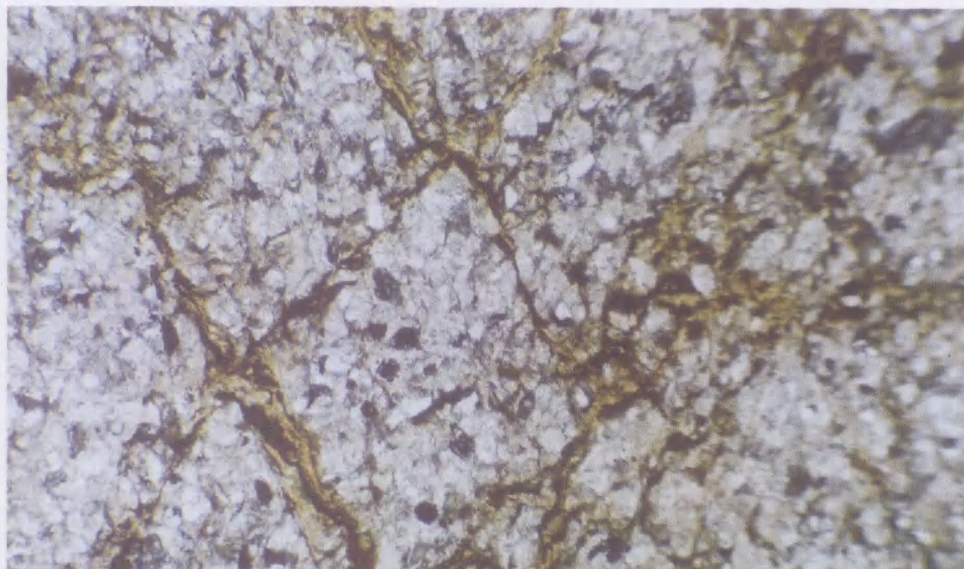


2. BK5-1, 八克金矿, 铁白云石化板岩。实验后产生塑性变形, 含金硫化物呈塑性状态沿裂隙充填。实验温度为 700°C, 轴压 1800MPa, 围压 450MPa, 时间 75h。×30(-)

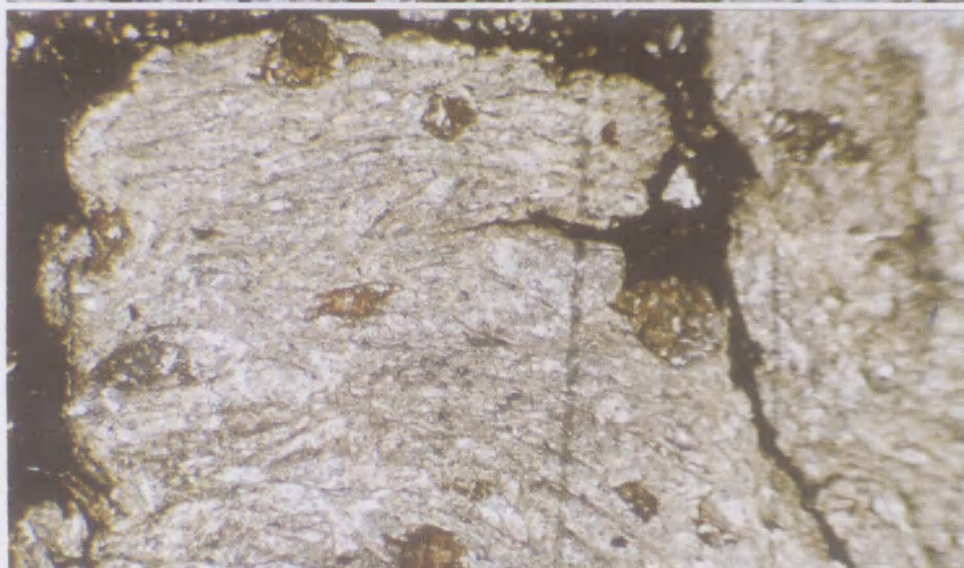


3. GZ₀-15-6, 平秋金矿, 变余砂岩。实验后发育不规则裂隙, 含金硫化物充填裂隙。实验温度为 560°C, 轴压为 2000MPa, 围压为 500MPa, 时间 73h。×30(-)

图版 III Plate III



1. GZ₀₅-25-12, 同古金矿, 变余砂岩。实验后发育共轭 X 裂隙, 含金硫化物沿裂隙充填。实验条件: 温度为 630°C, 轴压为 1530MPa, 围压为 380MPa, 时间为 34h。×30(-)

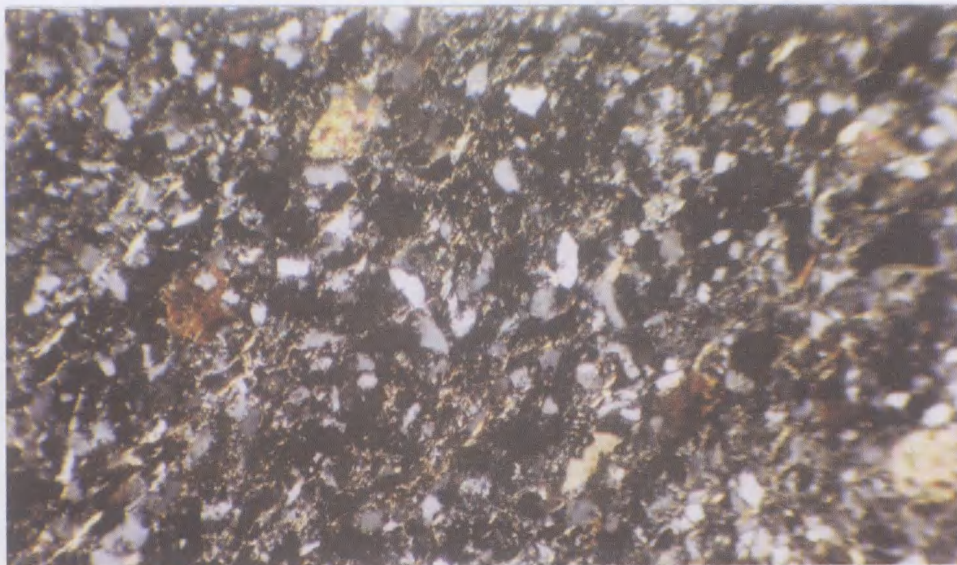


2. J₁₆₅-4-1, 平秋金矿, 浊积岩。实验后产生顺层褶曲, 含金硫化物沿裂隙充填。实验温度 700°C, 轴压 1400MPa, 围压 350MPa, 时间为 520h。×30(-)

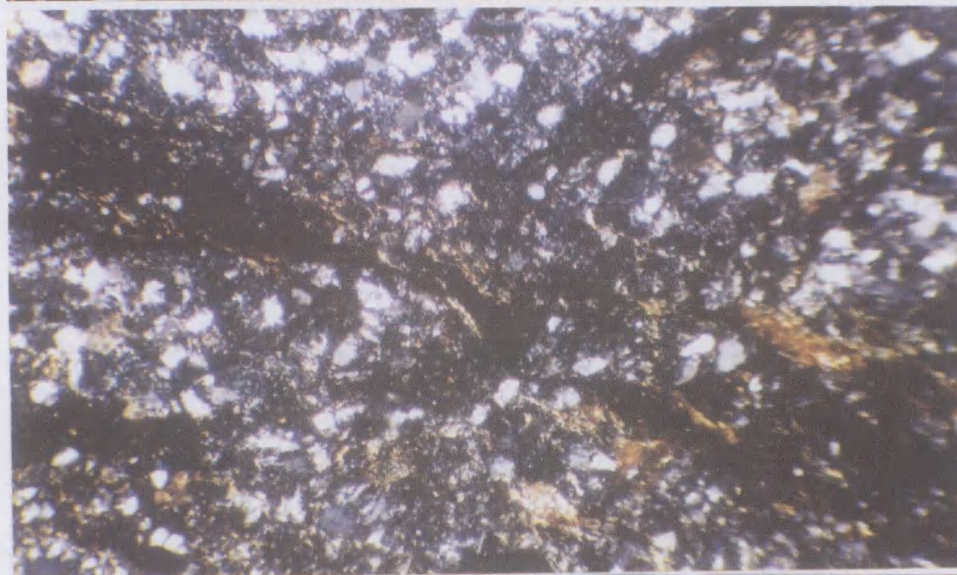


3. GZ₀₄-21-4, 平秋金矿, 变余砂岩。实验后产生褶曲, 含金硫化物(黑色)和石英(白色)沿褶曲核部充填。实验温度 500°C, 轴压 1450MPa, 围压 360MPa, 时间 12h。×30(-)

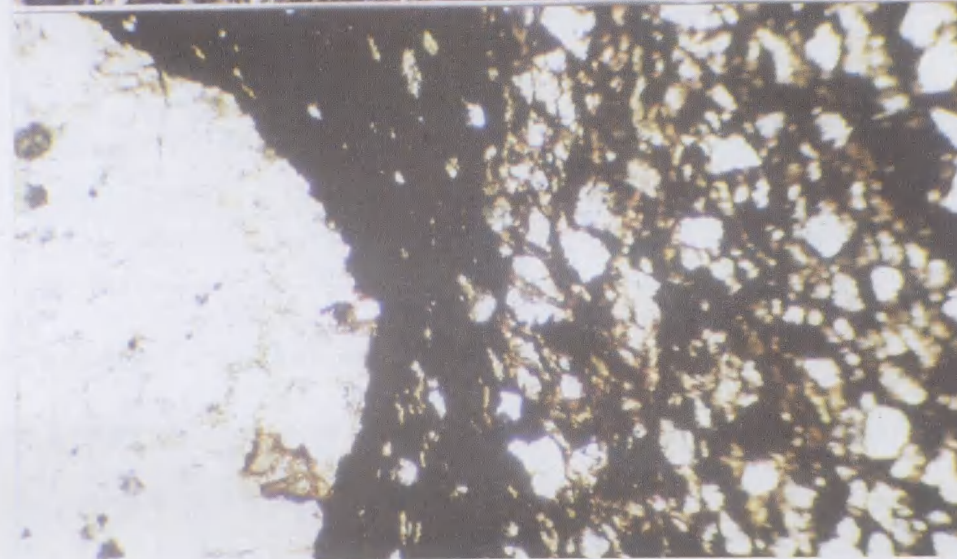
图版IV PlateIV



1.GZ₄₃-25, 变余砂岩,同古金矿。实验之前颗粒较均匀,变形不明显。
×30(+)



2.GZ₄₃-25-2A,变余砂岩(一次实验),同古金矿。实验后产生交叉裂隙,硫化物沿裂隙充填。实验温度 560℃,轴压 1750MPa,围压 440MPa,时间 98h。×30(+)



3.GZ₄₃-25-2B,变余砂岩(二次实验),同古金矿。二次实验后矿物颗粒变粗变圆,硫化物叠加富集,分异明显。实验温度为 700℃,轴压为 1210MPa,围压 302MPa,时间为 10h。×30(-)

表5 多次应力实验结果

Table 5 Results of several stress experiment

矿区	样品号	样品名称	样品状态	实验条件				实验前、后样品的主要特征
				温度 / $^{\circ}\text{C}$	轴压 /MPa	围压 /MPa	时间 /h	
平 秋 金 矿	GZ ₀₃ -15		实验前					实验前矿物颗粒均匀, 无明显变形
	GZ ₀₃ -15-1A	变质	实验前加 5%浓度 NaCl 液 50g	700	1650	410	51	实验后发育 2 组交叉裂隙, 沿裂隙有硫化物充填
	GZ ₀₃ -15-1B	砂	实验前加入 5% NaCl 溶液 600g 至样品的底部	700	1220	305	60	二次应力实验 2 组裂隙更发育, 迁就 2 组裂隙成弧形裂隙, 成矿物质叠加富集明显
	GZ ₀₃ -15-2A	岩	实验前加 5% 浓度的 NaCl 液 85g	700	1600	400	97	一次实验后发育共轭 X 交叉裂隙
	GZ ₀₃ -15-2B		实验前加 5%浓度的 NaCl 液 600g	700	1270	317	128	二次实验后发育共轭 X 裂隙更明显, 沿裂隙有硫化物充填
同 古 金 矿	GZ ₀₃ -25		实验前					实验前矿物颗粒均匀, 无明显变形
	GZ ₀₃ -25-1A	粉砂	实验前加 5%浓度 NaCl 液 65g	700	1720	430	27	一次实验发育 2 组共轭 X 交叉裂隙
	GZ ₀₃ -25-1B	质	实验前加 5%浓度 NaCl 液 600g	700	1220	305	60	二次实验后共轭 X 裂隙更发育, 成矿物质沿裂隙充填, 叠加富集明显
	GZ ₀₃ -25-2A	板	实验前加 5%浓度的 NaCl 液 85g	700	1750	440	98	发育交叉裂隙, 上部迁移交叉裂隙呈弧形, 沿裂隙有石英和硫化物充填
	GZ ₀₃ -25-2B	岩	实验前加 5%浓度的 NaCl 液 600g 至样品底部	700	1210	302	10	实验后发育交叉裂隙, 构成共轭 X 裂隙, 有物质沿裂隙充填
八 克 金 矿	GZ ₀₃ -28	变质	实验前					实验前矿物颗粒均匀变形不明显
	GZ ₀₃ -28-1A	砂	实验前从样品顶部加 5% NaCl 液 50g 至样品底部	700	1450	362	51	一次实验后发育 2 组共轭 X 交叉裂隙, 将试样分割成菱形的块体
	GZ ₀₃ -28-1B	屑	实验前从样品顶部加 5% NaCl 液 600g 至样品底部	700	1210	302	10	二次实验后发育 2 组交叉裂隙, 局部见迁就交叉裂隙呈弧形裂隙, 下部见成矿物质叠加富集
	GZ ₀₃ -28-2A	凝灰	实验前加 5%浓度 NaCl 液 80g	700	1950	480	120	一次实验后发育不太明显的 2 组交叉裂隙, 将试样分割成大小不一的似角砾
	GZ ₀₃ -28-2B	岩	实验前加 5%浓度 NaCl 液 600g	700	1140	285	315	二次应力实验后裂隙更发育, 沿裂隙可见成矿物质充填和叠加富集

参考文献:

- [1]卢焕章,王中刚,吴学益,等.贵州东南部的地质构造与金矿床的关系[J].地质学报,2005,79(1):98-105.
[2]卢焕章,王中刚,陈文益,等.贵州东南部浊积岩中金矿的地质特征和成因[J].矿床地质,2006,25(4):369-386.

- [3]吴攀.黔东同古金矿床矿体地质特征及控矿规律[D].贵州工业大学硕士研究生论文,1999.
[4]吴学益,钟得义.构造地球化学(构造与成矿)实验研究[J].地质地球化学,1986,11:63-65.
[5]吴学益.构造地球化学导论[M].贵阳:贵州科技出版社,1998:61-77.