

# 金厂峪金矿床围岩蚀变特征与矿床成因

秦大军 蔡新平 王 杰

(中国科学院地质研究所)

周以柏 祁学义 郝 荣

(金厂峪金矿)

为了更深入地理解金厂峪金矿床成矿作用,对该金矿床内蚀变围岩的矿物组合、成分及其变化进行了较详细的研究。蚀变带质量平衡分析表明  $Al_2O_3$ 、 $MnO$ 、 $P_2O_5$  等组分具不活动性。由蚀变围岩向钠长石英脉,在蚀变岩中元素无明显变化。钠长石英脉体的形成与围岩蚀变有关,但两者成因并不相同。金厂峪金矿床的形成可能与深源流体有关。

关键词 蚀变岩 含矿脉带 金矿床成因

蚀变过程中组分变化和运移路径的研究是深入认识蚀变过程的重要方面, Halter<sup>[1]</sup>、Marquer<sup>[2]</sup>、Mountain<sup>[3]</sup> 等在这方面进行了较多的研究工作。Gresen (1962) 较早地出了一种分析交代蚀变过程的计算方法。Grant<sup>[4]</sup> 对该法进行了改进,可以用较直观的图法分析交代蚀变过程。不活动组分的分析<sup>[4,5]</sup>,对确定活动组分在蚀变过程中变化,进而研究蚀变作用和成矿作用关系有重要意义。

金厂峪型金矿成矿作用在时代上有两种认识:一种认识是太古代成矿<sup>①②</sup>[6];另一种认识则是中生代成矿(蔡新平等,1994)。太古代成矿模式强调太古代岩石的变质变形作用,金矿的形成直接受剪切带的形成与演化控制。中生代褶皱控矿模式强调在印支—燕山期构造作用形成的褶皱系及其同生的脆性和韧脆性系统是主控矿构造,前寒武纪的变质变形构造对矿床的控制作用则是第二位的。因此对金厂峪型金矿形成问题的争论集中在金矿是形成在太古代还是中生代,金来源于太古宇还是来源于深部。秦大军等<sup>[7]</sup> 提出金厂峪型金矿床深源流体成矿的观点。本文通过含矿钠长石英脉与蚀变围岩的对比分析探讨金的成矿作用。

## 1 地质背景

金厂峪金矿床位于华北地台北缘燕山台褶带马兰

峪背斜中(图 1)。区内太古界出露广泛,由老至新为迁西群和八道河群。金厂峪金矿床的赋矿围岩为八道河群王厂组。马兰峪背斜呈东西向,迁西群和八道河群出露于该背斜轴部。马兰峪背斜北翼的元古界以喜峰口断裂带为界与太古界成断层接触,断层向南陡倾,老地层逆冲在新地层之上。南翼有半隐伏的东西向断裂带,大体位于遵化—迁西—界口岭一线。元古界与太古界以断层或不整合接触。沿马兰峪背斜轴部有中生代花岗岩体,如茅山、高家店、青山口等,岩体周边,金矿点广泛分布。区内印支—燕山期岩浆活动强烈,印支期都山岩体是本区最大的岩基。在燕山期,岩浆活动大大增强,沿马兰峪—太平寨东西向背斜轴部,分布有燕山期花岗岩体,多数为中小型岩株,并有多脉岩发育。青山口、贾家山岩体紧临金厂峪金矿区的西部、北部,岩性从早到晚主要为石英闪长岩、二长花岗岩、碱长花岗岩。

## 2 蚀变围岩特征及分带

### 2.1 蚀变围岩特征

迁西群王厂组是主要的赋矿围岩,由于热液蚀变发生较强的退变质作用,易于与迁西群片麻岩、麻粒岩区别。绿泥石化、绢云母化、钠长石化和硅化是与太古代变质岩有关的热液金矿床最常见的蚀变类型,而且绿泥石、绢云母、钠长石和石英是蚀变带中主要的组成矿物。矿区内主要热液蚀变是绿泥石化、绢云母化、硅化。

### 2.2 蚀变围岩分带

通过对钻孔和剖面研究,由蚀变围岩主要矿物组

① 刘瑾旋,杨泓清,刘荫椿,等.河北省金厂峪金矿床成矿地质条件研究及成矿靶区预测. 科研报告. 1994.

② 许云程,祁学义.河北金厂峪金矿床成矿地质条件及深部矿体预测. 研究报告. 1990.

收稿日期: 1998-06-09. 李兰英、邵晓东编辑.

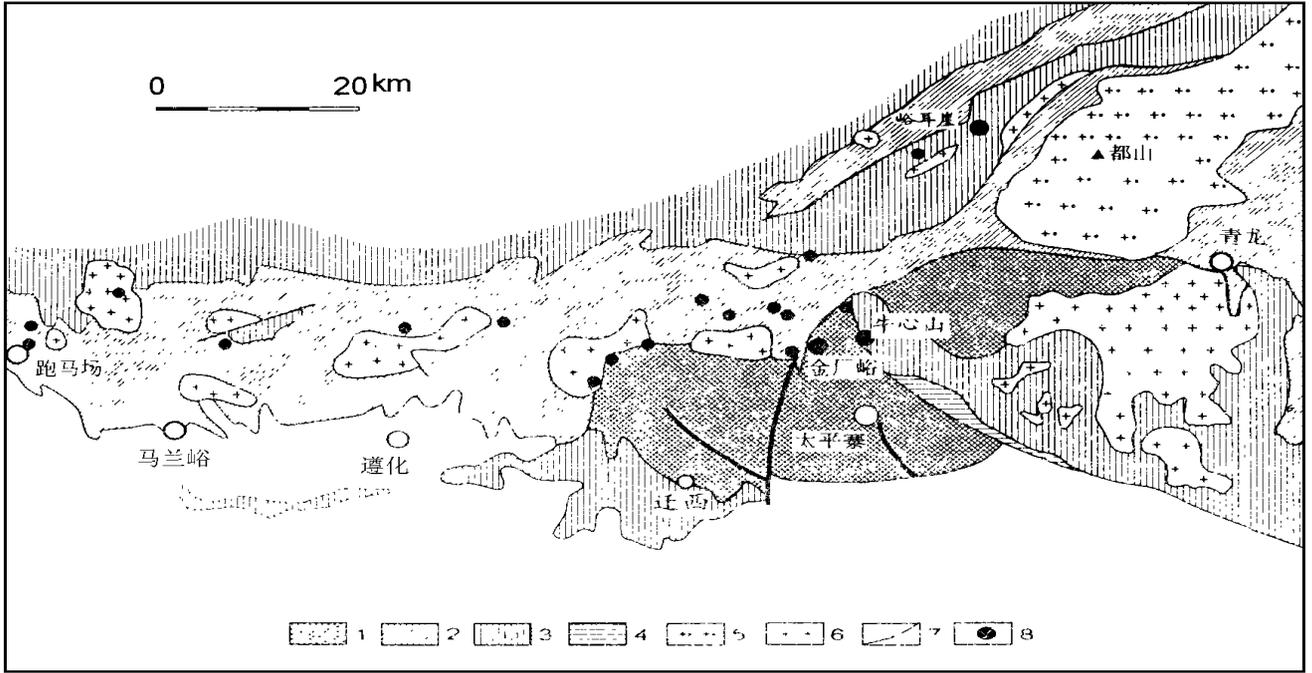


图 1 冀东地区区域地质略图

(据宋瑞先等, 1994, 有修改)

Fig. 1 Regional geologic map of eastern Hebei

(modified from Song RX et al., 1994)

1- 迁西群 (Qianxi group); 2- 八道河群 (Badaohe group); 3- 中、上元古界 (Meso-upper-proterozoic); 4- 古生界和中生界 (Paleozoic and Mesozoic); 5- 印支期花岗岩 (Indosinian granite); 6- 燕山期花岗岩 (Yanshanian granite); 7- 断裂 (fault); 8- 金矿床(点) (gold deposit)

合、矿物成分, 以及与含矿石英脉空间位置, 我们将金厂峪矿床蚀变带划出 4 个带, 4 个蚀变带相对空间关系见图 2.

(1) 弱蚀变岩: 蚀变弱的斜长角闪岩的蚀变矿物组合为相当于绿片岩相的细粒  $Ab+Chl+Ser+Q$  组合, 分布于角闪石、斜长石和单斜辉石矿物颗粒的边缘或其中的裂隙中. 斜长角闪岩为蚀变带内的蚀变残余. 角闪石蚀变生成绿泥石、方解石, 斜长石蚀变成钠长石、绢云母. 绿泥石呈细粒状、叶片状, 分布于镁铁矿物的边缘与空隙内.

(2) 绿泥石带: 绿泥石化是热液蚀变的早期蚀变

矿物, 也是可以直接观察到的发生热液蚀变的直接证据, 离脉体较远, 靠近斜长角闪岩. 主要矿物组合为  $Chl+Ab+Car+Qt+Ser+Py(\pm Hb)$ , 以绿泥石和钠长石为主, 碳酸盐 (铁白云石) 次之, 石英和绢云母近等量, 角闪石小于 5%, 黄铁矿小于 5%. 绿泥石呈纤维状条带与长英质相间排列, 构成片理. 石英强波状消光, 与钠长石构成条带. 绢云母呈条带状定向分布, 与长英质条带和绿泥石条带相间排列构成片理. 黄铁矿沿片理面呈浸染状分布.

(3) 绢云母化带: 主要位于石英脉带的上盘, 矿物组合为  $Ser+Q+Car+Pl(\pm Chl)+Py$ , 绢云母是

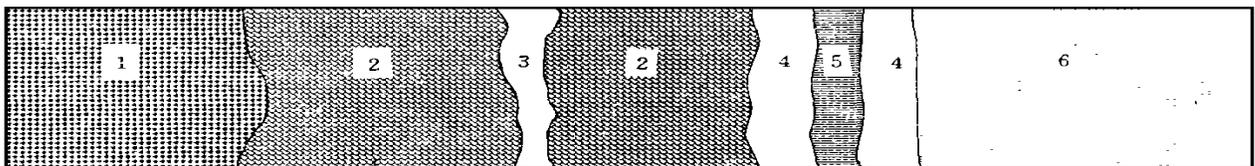


图 2 金厂峪金矿床围岩蚀变带相对于含矿石英脉关系示意图

Fig. 2 Au-quartz vein and alteration zonation in wall rock of Jinchangyu gold deposit

1- 弱蚀变带 (weakly altered belt); 2- 绿泥石化带 (chloritized belt); 3- 石英脉 (quartz vein); 4- 含金石英脉, 有碳酸盐化 (gold-bearing quartz vein with carbonation); 5- 绢云母化带 (sericitized belt); 6- 绢英岩化带 (phyllitic altered belt)

主要矿物, 含量大于 40%, 呈条带状与长英质条带相间排列. 石英呈眼球条带状, 波状消光, 重结晶明显. 斜长石成分为钠长石, 双晶弯曲, 弱绢云母化. 碳酸盐为铁白云石. 黄铁矿小于 5%, 呈细脉状, 沿片理面分布或呈细脉浸染状分布.

(4) 近脉蚀变 - 绢英岩化带: 位于石英脉上盘, 主要矿物组合为 Qtz + Ser + Pl + Ca + Py, 以石英和绢云母为主. 石英呈条带状, 或条纹状. 斜长石成分为钠长石, 眼球状或条带状, 数量较少. 碳酸盐以铁白云石为主. 黄铁矿大于 5%, 平行片理分布, 较自形黄铁矿呈浸染状分布于片理面上.

绢云绿泥片岩 → 石英绢云片岩 → 绢英片岩, 石英、绢云母、黄铁矿含量增加, 绿泥石含量减少, 岩石的

颜色逐渐变浅, 反映蚀变强度增加.

绿泥片岩和绢云片岩与残余斜长角闪岩在空间上关系密切, 靠近脉体时, 片岩主要由绿泥石、绢云母、石英、钠长石、方解石组成; 远离脉体时, 尤其是靠近残余斜长角闪岩时有残留的斜长石, 或少量角闪石 (表 1-2). 因此, 化学成分的对比如分析有助于了解蚀变过程中组分变化, 建立蚀变反应关系.

由蚀变带中长石、绢云母年龄测定结果<sup>[6]</sup>分析, 可以看出蚀变岩造岩矿物年龄值主要有两个区间, 一为 50~150 Ma, 另一为 175~200 Ma, 因此, 蚀变与矿化可能主要发生于印支晚期 - 燕山期早期, 及燕山中晚期. 矿化晚于区域变质作用和韧性剪切带的形成.

表 1 ZK1908 孔蚀变岩 X 射线粉晶分析及相对含量 (%)

Table 1 Result of powdered crystal analysis by X-ray for altered rock from drill hole ZK 1908 (%)

样号	角闪石	斜长石	绿泥石	石英	绢云母	高岭石	铁白云石	方解石	黄铁矿
7		35	35	10	20				
12		5	5	30	50	10			
18		10	36	10	10	34			
23	10	50	5	8	5	5		5	12
31		< 5		> 90			5		
42		40	10	25	15	10			
45	5	75		5	10	5			
50	20	60	10	10					
54	50	40	10						

仪器型号: D MAX-RC, 单位: 中国地质大学 (北京) X 光实验室, 1997 年 3 月.

表 2 蚀变分带及矿物组合

Table 2 Alteration zonation and mineral assemblage

原始矿物	弱蚀变带	绿泥石化带	绢云母化带	绢英岩化带
Pl	Ser (Ank)	Ser, Qtz (Ank)	Ser, Qtz, Ank (Cl)	Ser, Qtz, Ank (Cl)
Bi	Chl	Chl	Ser	Ser
Hb	Chl	Chl	Ser (Chl)	Ser (Chl)
Qtz				纯加入

### 2.3 蚀变岩化学成分

选择 ZK1908 孔剖面进行系统取样, 样品间距 10~20 m. 经过薄片鉴定选取各蚀变带内典型样品进行组分测试. 考虑到样品中的方解石和黄铁矿等矿物为蚀变作用过程中形成矿物, 在靠近石英脉时, 部分样品中的方解石和黄铁矿含量增加, 对测试样品没有进行特别处理, 蚀变岩样品的常量和微量元素分析结果

列于表 3.

全岩分析结果表明,  $\text{SiO}_2$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$  两个氧化物占全岩的 60% 以上. 在斜长角闪岩中,  $\text{CaO}$ 、 $\text{FeO}$ 、 $\text{MgO}$  占有一定比例, 其它蚀变岩中, 随着蚀变程度的增加而逐渐减少, 而  $\text{K}_2\text{O}$ 、 $\text{Na}_2\text{O}$  的含量则逐渐增加. 在斜长角闪岩中  $\text{S}$ 、 $\text{CO}_2$  较低, 靠近脉体时绢云母片岩、绢英岩中相对较高.

### 3 蚀变带中组分带入带出分析

已有的研究表明, 韧性剪切变形在岩石上表现为岩石破裂→破碎→糜棱岩化, 而组成岩石的矿物表现为被拉伸、不对称变形、位错蠕变、滑移动力重结晶, 以及晶体形态、大小、边界特征和内部结构特征被改变, 但矿物相并没有消失. 在韧性变形过程中无明显的组分变化, 早期韧性变形是在等化学条件下进行的(张秋生等, 1991), 因此, 韧性剪切带中蚀变作用可以认为主要是由成矿流体与围岩相互作用产生的.

为了较合理地比较在蚀变过程中主要元素和微量元素的变化, 需要校正全岩化学分析结果. 参考 Gran 方法确定不活动元素. 假定一定类型的岩石中一些元素至少在较小的范围内是“不活动”的, 由不活动元素可以分析蚀变过程中活动元素的变化. 不活动元素的确定由蚀变序列中元素含量系统增加(残留浓度)或减少(稀释), 或由元素浓度比是一个常数来确定(这些元素可分布在不同矿物中).

首先要确定一个蚀变最弱的岩石作为参考, 其它蚀变岩石与之相比, 其中浓度或浓度比不变者为不活动元素. 离脉体不同距离的蚀变岩石与流体之间不同程度的物质交换和质量改变. 通过对金厂峪金矿床蚀变岩的观察、鉴定, 我们发现围岩蚀变程度随远离石英脉逐渐减弱, 蚀变岩中残留的原岩造岩矿物增加, 而蚀变矿物减少. 矿区内的围岩蚀变更可能为流体不断由内向外扩散, 形成由强到弱的蚀变带.

54号样品取自 ZK1908 孔 625 m 深处, 岩石比较新鲜, 镜下观察蚀变较弱, 仅有弱硅化和绢云母化, 岩性为变黑云闪长岩. 随着样品位置接近矿化蚀变带, 蚀变程度增强, 原岩造岩矿物减少. 因此将 54号样品作为近似的蚀变岩的原岩.

图 3 为所选样品与 54号样品的对比结果. 由  $Al_2O_3$  浓度比确定的斜率为 0.95~1.05 的等质量线反映岩石蚀变后  $Al_2O_3$  的质量改变不明显.  $SiO_2$  浓度也接近等质量线, 但在不同蚀变带其浓度变化较大. 由于岩石明显发生了硅化, 用  $Al_2O_3$  浓度确定等浓度线比用  $SiO_2$  更为合理.  $Al_2O_3$  浓度变化较小, 这与斜长角闪岩→绿泥片岩→绢云片岩→钠长绢英岩过程中含铝矿物一直存在有关. 虽然铝存于不同的矿物中, 但其相对含量是恒定的. 蚀变是一个等铝浓度的过程.

利用  $Al_2O_3$  浓度比对蚀变岩化学分析结果进行标准化计算, 蚀变岩相对于 54号样品组分的改变数值列表 4. 由表 4 可以看出蚀变岩中的元素与石英脉中的元素, 尤其是微量元素的变化有明显的不同. 石英脉中  $SiO_2$  FeO CaO MgO Sr Ba Se Zn Ga Ta Au Ag Y Pb 等相对于蚀变岩有明显增加. 蚀变岩中各元素变化不大, 元素朝脉体方向的变化无明显规

律性. 总体上表现为组分的变化具有一定的均一性, 可能由于成矿流体与岩石反应完成后已达到近于平衡的状态.

成矿流体与岩石相互作用过程中, 蚀变围岩元素的改变程度无明显差异, 脉体中元素变化与蚀变岩则有明显不同, 反映脉体为流体的主要产物, 脉体形成于富硅、富  $CO_2$  及微量元素的流体.

### 4 矿床成因讨论

在开放体系中, 一个反应的进程受矿物与流体数量的制约. 流体中物质进出数量, 以及矿物成分的改变确定了流体和岩石反应路径. 靠近脉体的蚀变岩具高流体和岩石比, 远离脉体的蚀变岩具低流体和岩石比. 朝脉体方向为流体和岩石比增加的方向, 这是蚀变反应不断增强的方向. 因此, 远离脉体的蚀变岩代表早期蚀变, 靠近脉体的蚀变岩代表晚期蚀变. 组分进出蚀变带以扩散、渗流, 或二者同时进行. 实际上, 由于扩散速率较低, 它对整体蚀变作用影响较小. 蚀变作用可能是流体沿微裂隙、微孔隙, 在渗滤过程中形成.

蚀变围岩元素的改变程度无明显差异, 脉体中元素变化则与蚀变岩有明显不同. (钠长) 石英脉带中  $SiO_2$  FeO CaO MgO Sr Ba Se Zn Ga Ta Au Ag Y Pb 等相对于蚀变岩明显增加. 而蚀变岩元素朝脉体方向的变化无明显规律性. 蚀变岩中  $Al_2O_3$  MnO  $P_2O_5$  等组分具不活动性明显. 脉体为流体的主要产物, 脉体形成于富硅、富  $CO_2$  及微量元素的流体. 虽然蚀变作用与石英主脉形成有关, 但二者成因不同.

许多与韧性剪切带有关的金矿床, 矿体产状与剪切带一致, 倾角较陡, 矿体横向、纵向延伸规模较大, 如广东河台金矿控制矿体深度已超过千米. 金厂峪金矿床矿床矿化带的中心为硫化物石英钠长石化带, 向外变为石英钠长岩绢云母化带, 绢云绿泥石化带, 然后过渡到斜长角闪岩, 显示了流体交代充填作用顺序为由剪切带中心向外扩展. 较早形成的石英和黄铁矿发生破碎, 被较晚形成的石英和黄铁矿交代和充填. 热液蚀变矿物, 尤其是石英颗粒中广泛存在破裂-愈合现象, 说明含矿流体具有使围岩产生裂隙的能力, 并能沿裂隙运移和沉淀矿物.

矿化发生于剪切带, 剪切带内流体作用明显, 现在坑道中仍然有沿主断裂带局部释放富  $H_2S$  的气体; 成矿流体与围岩在组成上有明显差异, 表明成矿流体可能形成于较特殊的物理化学环境. 受深部物化环境制约的深源流体对金厂峪型金矿床的形成起重要作用.



与金矿床. 北京: 地质出版社, 1990.

质与勘探, 1997, (5).

7 秦大军, 蔡新平, 王杰, 等. 河北金厂峪金矿床地球化学特征. 地

8 宋瑞先, 王有志, 等. 河北金矿地质. 北京: 地质出版社, 1994.

## CHARACTERISTICS OF ALTERATION AND GENESIS OF THE JINCHANGYU GOLD DEPOSIT

Qin Dajun Cai Xinping Wang Jie Zhang Baolin  
(*Institute of Geology, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100029*)

Zhou Yibai Qi Xueyi Hao Rong  
(*Jinchangyu Gold Mine, Hebei 063700*)

### Abstract

Characteristics of the alteration and zonation of gold deposits play an important role in acquiring the composition and feature of ore-forming fluid, the contribution of wall rocks and the origin of gold deposits. According to the mineral association, composition and their variations in Jinchangyu gold deposit, four alteration zones can be recognized away from gold-bearing quartz zones, i. e., weakly altered zone, chloritized zone, sericitized zone and silicified zone. The mass balance analysis for the altered rocks of the Jinchangyu gold deposit shows that  $Al_2O_3$  has obvious immobility. The chemical composition of the altered rocks is normalized with the content of  $Al_2O_3$  in the weakest altered rock, and the standardized corresponding composition differences between the weakest altered rock and other altered rocks indicate the composition variations during the interaction between wall rocks and the ore-forming fluids. The calculating results suggest that the contents of  $SiO_2$ ,  $FeO$ ,  $CaO$ ,  $MgO$ ,  $Sr$ ,  $Ba$ ,  $Sc$ ,  $Zn$ ,  $Ga$ ,  $Ta$ ,  $Au$ ,  $Ag$ ,  $Y$  and  $Pb$  in gold-bearing quartz veins are much higher than those in the altered rocks, and  $SiO_2$ ,  $Sr$  and  $Ba$  in the altered rocks have an obvious increase relatively to their original rocks in contrary to  $FeO$ ,  $CaO$ ,  $MgO$ ,  $Sc$ ,  $V$ ,  $Y$ ,  $Pb$ ,  $P$  and  $Cu$ . The composition of the altered rocks from the weakly altered rocks to gold-bearing quartz veins in the Jinchangyu gold deposit varies irregularly. The composition variation in the altered rocks is not related to the increase of the corresponding composition in the gold-bearing vein, and it has minor effects on the composition of ore-forming fluid. Despite the existence of some genetic relation, the gold bearing quartz veins and altered wall rocks would form in different conditions. During alteration, wall rocks might release too limited ore-forming elements in quantity to form a large scale gold deposit. Hence, the ore-forming material of the Jinchangyu gold deposit should be mainly derived from deep-source ore-forming fluid.

**Key words** altered rocks ore-bearing veins metallogeny of Jinchangyu gold deposit

**作者简介** 秦大军 男 1964年9月生. 1995年获北京大学博士学位, 现为中国科学院地质研究所副研究员, 从事金属矿床成矿理论与矿床评价预测研究, 并负责热释光实验室的研究工作. 通讯地址: 北京德胜门外祁家豁子, 中国科学院地质研究所; 邮政编码 100029.