维普资讯 http://www.cqvip.com

第2卷 第1期 有色金属矿产与勘查 Vol. 2, No.1
1993年 2月 GEOLOGICAL EXPLORATION FOR NON-FERROUS METALS Feb., 1993

24-30

湘西金矿围岩蚀变与矿化关系研究

P618.51/0.5

郭定良
(中科院长沙大地构造研究所 长沙 410013)

摘 要 湘西金矿围岩蚀变类型有黄铁矿化、硅化、绢云母化、叶腊石化、伊利石化、绿泥石化和碳酸盐化。金矿化与黄铁矿化、伊利石化和硅化关系密切；钨矿化与硅化关系密切。从原岩到矿体，可将围岩蚀变分为4个带：Ⅰ 石英-绢云母-碳酸盐-绿泥石带；Ⅱ 绢云母-黄铁矿-叶腊石带；Ⅲ黄铁矿-伊利石-绢云母带；Ⅳ 灰白色破碎带。它们在矿物成分、矿物形态、内部结构及颜色上都有变化。

关键词 围岩蚀变，金矿床，矿化，湖南

湘西金矿是一个中-低温热液及变质作用叠加的金、锑、钨矿床。它具有黄铁矿化、硅化、伊利石化、绢云母化、叶腊石化、绿泥石化和碳酸盐化等围岩蚀变。在成因上，它们是热液与围岩相互交代的结果；在空间上，它们分布在石英脉上、下两侧；在颜色上比原岩马底驿组紫红色绢云母板岩色浅，呈黄白色或灰白色。

1 围岩蚀变概况

1.1 蚀变带规模及分布

矿区内有6条主要蚀变带，其规模见表1，分布如图1所示。其中V_1、V_2、V_3、V_4四条为蚀变带中赋有工业意义的石英脉（V_4地表无出露），V_5、V_6为无工业意义的石英脉，规模小。

表1 矿区各蚀变带规模（m）

Table 1 Scale of altered zones in ore district

蚀变带号	蚀变带长	蚀变带厚	蚀变带深	备 注
1	4500	2	1200	近矿围岩中裂隙发育
2	850	1—1.5	700	
3	2200	5	1250	近矿围岩中裂隙发育
4	2000	1.5	920	
5	900	1.5	920	无工业价值
6	300	0.5	200	无工业价值

1992年4月13日收稿，王学明编辑。

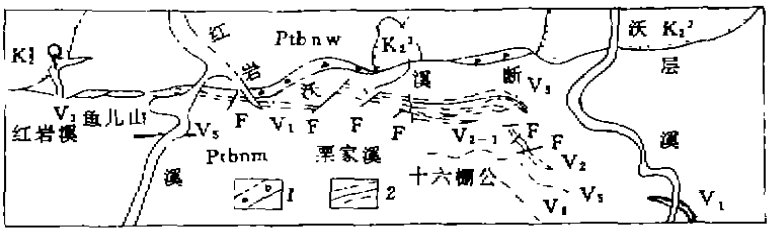


图 1　湘西金矿蚀变带分布图

Fig.1　Distribution of altered zones in western Hunan gold deposit

Q—第四系；K_2^3—白垩系；Ptbnm—板溪群马底驿组；Ptbnw—板溪群五强溪组；1—破碎带；2—蚀变带及石英脉

1.2　蚀变板岩结构构造

蚀变板岩的结构有鳞片变晶结构、充填结构、斑点结构、交代结构；构造有块状构造、浸染状构造等发育。

2　蚀变板岩的物质成分

2.1　蚀变板岩的矿物成分

从表 2 可知，蚀变板岩与原岩相比，矿物成分无论从数量上、种类上、粒度上都有较大的变化，主要表现在绢云母、碳酸盐等浅色矿物的大量增加，有机质、不透明矿物、铁泥质减少或消失。据统计，蚀变板岩中矿物有：绢云母，石英，碳酸盐（方解石、铁白云石）、绿泥石、黄铁矿、伊利石、叶腊石、钠长石、白钨矿、辉锑矿、自然金、钨铁矿、磁铁矿、褐铁矿等十六种之多。

表 2　蚀变板岩与原岩矿物成分（%）

Table 2　Mineral Composition of altered slate and slate

岩　石	石　英	绢云母	方解石	绿泥石	斜长石	黄铁矿	有机质	电气石	不透明矿物
深灰色板岩	30-40	30-50	3-15	<4	<2	0	10	<2	0-2
紫红色板岩	30	30	5	2	<1	0	3		
黄白色板岩	20-40	40-80	3-15	<2	0	0-10	0	<2	

2.2　蚀变板岩的化学成分

由表 3 对比蚀变板岩与原岩的化学成分可知：1）FeO，Al_2O_3，S，K_2O有不同程度的增加；2）Fe_2O_3，SO_2，CO，O有不同程度的减少。

表 3　蚀变板岩与原岩化学成分（%）

Table 3　Chemical composition of altered slate and slate

岩石	SiO_2	Fe_2O_3	FeO	Al_2O_3	TiO_2	CaO	灼失	K_2O	Na_2O	MnO	S	P_2O_5	MgO
蚀变板岩	52.03	3.25	1.945	20.95	0.65	1.27	9.97	3.14	1.47	0.14	4.3	0.07	1.02
原岩	65.65	3.50	1.78	16.02	0.63	1.33	7.02	3.13	1.37	0.19	0.12	0.10	1.68

维普资讯 http://www.cqvip.com

3 蚀变岩类型与矿化关系

3.1 黄铁矿化与金矿化关系

黄铁矿化强烈，在矿区广泛发育，与金矿化关系密切：黄铁矿化强烈，金矿化好，特别与细粒黄铁矿有关（图 2），与钨、锑则无明显相关关系。此外，金在黄铁矿中的含量还与黄铁矿的世代、产出形式、粒度大小等有关。

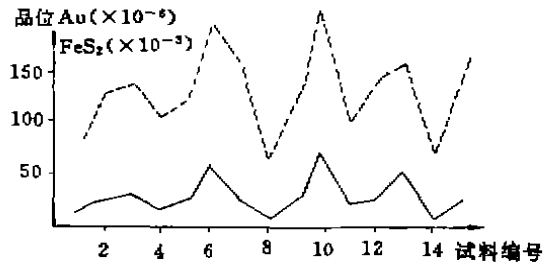


图 2 蚀变板岩中金和黄铁矿品位对比曲线（据张振儒，1980）

Fig.2 Comparison between gold and pyrite grade in altered slate

1）本矿床有两个世代的黄铁矿。第一世代黄铁矿粒粗(0.2—0.5cm)，呈五角十二面体，含金 19.5×10^{-6}，第二世代黄铁矿粒细（<0.2cm），呈立方体，含金 133×10^{-6}。

2）金矿化与黄铁矿产出形式的关系是细粒浸染状，细脉状黄铁矿含金高（$>30\times10^{-6}$）；而粗粒、星点状产出地段的黄铁矿含金低（一般 $<10\times10^{-6}$）。

3）金矿化与黄铁矿粒度的关系，本区黄铁矿可划分为三个粒级，粗粒 >0.2cm，一般产于远矿蚀变板岩，含金 $<19.5\times10^{-6}$；中粒0.05—0.2cm，含金 $<51.6\times10^{-6}$，而细粒<0.05 cm，含金 133×10^{-6}。

4）金矿化与黄铁矿内部结构的关系：用细粒黄铁矿测得其晶胞参数值为0.5415nm，与标准黄铁矿 $a_0=0.5417$nm相比，较小。比较两者的d值也有相同的变化规律。

以上关系的机理是：

a. 金矿化与黄铁矿形成世代有关，因第一世代黄铁矿形成较早，结晶好，在结晶过程中有自身净化作用而排除了杂质（包括金在内），故含金低。第二世代黄铁矿形成温度有所降低，黄铁矿结晶快，因而粒度较小（<0.05cm为主），由此，表面能大，吸附能力强，故吸附金质点多而含金高（80.5×10^{-6}—142.2×10^{-6}）。

b. 与黄铁矿破碎程度有关。黄铁矿受构造应力作用，一般是大颗粒变细，吸附能力增强而含金高；二是使得黄铁矿裂隙发育、破碎，由此形成的空隙为含金溶液沉淀创造了有利条件。

c. 与黄铁矿中某些微量元素含量有关。围岩中含金高的黄铁矿 $a_0=5.415$ Å 比标准黄铁矿 $a_0=5.147$ Å 小。这与其中金、砷含量有关：金、砷含量高，则黄铁矿 a_0 值小，这与欧超人（1987）的研究结果一致。黄铁矿中钴、镍含量的增加，a_0 值有明显变大，因 Fe–S 键长为 2.26 Å，Co–S键长为2.34 Å，Ni–S键长为2.40 Å 之故。

3.2 硅化与矿化的关系

硅化与金、钨矿化关系密切如表 4，硅化强烈则金、钨矿化好。而与锑矿化关系不大。

表 4 硅化与金、锑、钨矿化关系

Table 4 The relationship between silicification and Au-, Sb-, W- mineralization

样号	Au ($\times10^{-6}$)	Sb (%)	W (%)	备注
V_4-20-6	30	0.01	>0.3	强硅化
V_4-17-1	10	0.03	0.01-0.03	硅化较弱
V_4-19-6	<0.01	>0.1	<0.001	硅化弱

（据刘正良，1985）

维普资讯 http://www.cqvip.com

1）硅化与金成矿有关。因SiO_2的迁移可呈胶体形式，而金亦存在胶体搬运形式（贺潜飞，1986），二者构成金-硅胶团共同搬运、沉淀。金-硅胶团由金胶粒和SiO_2胶粒组成。金胶粒是金原子组成胶核，在胶核的表面吸附一层金的络阴离子$[Au(OH)_2]$而形成。当金-硅胶团遇到适当环境而沉聚时，SiO_2胶粒脱水形成石英。金胶粒也有其自身的出露，组成金胶核的原子金沉聚时以异质混晶于SiO_2中，待到形成石英时，因结晶习性不同，在SiO_2（石英）净化过程中终因不相溶而排出，在后期变质作用过程中，易使分散金归并、凝聚而沿石英裂隙或菱面体解理分布（由湘西金矿金的赋存状态可证实），而金胶粒吸附层中的金离子则进入石英晶格作为补偿电荷。由化学分析可知，石英中常含0.0014×10^{-6}—0.11×10^{-6}的铝，Al替代Si而形成铝-氧四面体，因电价差，金离子将作为补偿电荷而进入石英晶格，这与晶格金于石英中的事实相符（张振儒，1980）。

2）硅化与钨矿化关系，可用如下反应式表达：

$$[Si(W_3O_{12})_4]^{-4}+12CaO+4H^+\rightarrow\underset{(白钨矿)}{12CaWO_4}\downarrow+\underset{(石英)}{SiO_2}\downarrow+2H_2O \qquad pH=5.9$$

$$[Si(W_3O_{12})_4]^{-4}+12FeO+4H^+\rightarrow\underset{(钨铁矿)}{12FeWO_4}\downarrow+\underset{(石英)}{SiO_2}\downarrow+2H_2O \qquad pH=7.3$$

3.3 伊利石化与金矿化的关系

矿区内有两种形式的伊利石，它们与成矿的关系不尽相同，一种产于脉壁破碎带中的伊利石，颗粒细，形态不完整，与金矿化关系密切，含金15.67×10^{-6}；一种产于晶洞中的伊利石，晶形完好，与金矿化关系不明显，含金低（0.33×10^{-6}）。伊利石与钨、锑矿化无关。

机理是：伊利石在构造应力作用下破碎，而使硅-氧四面体被破坏（即Si-O键断开），原来电荷平衡的硅-氧四面体缺失氧而带正电荷，也即破碎伊利石边缘带正电荷，吸附带负电荷的金（金的胶体离子），如图3示，故含金高15.67×10^{-6}。产于晶洞中完好的伊利石，由于未被破坏不会吸附金，含金低（0.33×10^{-6}）。

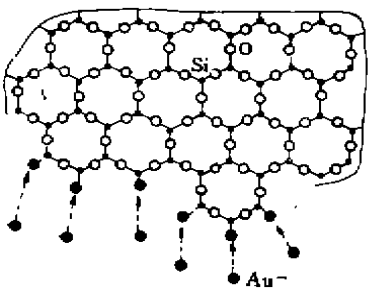


图3 伊利石破碎晶体边缘吸附微粒金示意图

Fig.3 Submicro-gold absorbed at the edge of broken illite

3.4 绿泥石化与金矿化的关系

在湘西金矿，绿泥石化强烈，意味着矿化差，矿体变薄或尖灭。在矿柱的两边，绿泥石化强烈而取代矿体，与矿体厚度成反相关关系，绿泥石化强烈，三种矿化都很差。蚀变机理是：

$$5[Fe,Mg]^{2+}+\underset{(高岭土等泥质物)}{Al_4[Si_4O_{10}](OH)_8}\xrightarrow[碱性条件]{中—低温}\underset{(绿泥石)}{(Fe,Mg)_5Al_2Si_3O_{10}(OH)_8}+SiO_2$$

由于绿泥石耗用大量的铁、镁质，因而影响到黄铁矿、钨铁矿的形成，而黄铁矿化直接影响到金矿化。故绿泥石化同整个矿化呈负相关关系。

3.5 绢云母化与矿化的关系

绢云母化是本矿区分布最广泛的蚀变类型，占蚀变板岩成分的60%以上，它本身并不含矿，它与矿化的关系表现在：2M型结构的绢云母与矿化关系密切，靠近矿脉或于矿脉中，3T型结构的绢云母与矿化的关系不如2M型绢云母，远离矿体分布。

维普资讯 http://www.cqvip.com

4 围岩蚀变分带

湘西金矿的蚀变板岩无论从颜色上，矿物成分上分带都是比较明显的，据主要矿物的分布特征，将矿区蚀变围岩划分成四个带（由围岩至矿体）：

Ⅰ带：石英-绢云母-碳酸盐-绿泥石带

岩石呈肉红色或黑绿色，碳酸盐含量高则呈肉红色；绿泥石成分含量高则呈黑绿色。矿物分布：绿泥石，粒度<0.02mm，细小鳞片状，呈绿、浅绿色，由粉末X衍射分析属铁-镁系列，含量>10%。碳酸盐：以似斑状、云雾状及脉状于蚀变板岩中，含量10—20%。绢云母60%，石英30%±。此带蚀变板岩以鳞片变晶结构为主。主要构造有斑状、云雾状构造。

Ⅱ带：绢云母-黄铁矿-叶腊石带。岩石呈黄白色。绢云母具3T结构，含量>50%。黄铁矿呈浅黄色，粗粒（>0.2cm），浸染状，五角十二面体，含金15.6×10^{-6}。叶腊石呈黄绿色、浅白色，油脂光泽，指甲可刻动，具滑感。蚀变岩以交代结构发育，条带构造消失，均一块状构造。此带出现预示着矿脉的存在。

Ⅲ带：黄铁矿-伊利石-绢云母带。破碎成黄白色的脉壁泥，即通常所说的断层泥。黄铁矿，灰绿、灰黄色、紫红色，呈立方晶形，细脉状、团块状产出，强烈破碎，含金高（151×10^{-6}），伊利石为黄白色，破碎定向排列，$2M$型结构，含金高（13.3×10^{-6}）。此带绢云母以$2M_1$型结构为主。矿山开采中，此带一般当作矿石一起开采。

Ⅳ带：灰白色破碎带。通常所指的矿脉破碎带，经19平V_4，20平V_5此带重砂淘洗，发现主要是破碎的石英、黄铁矿，相互胶结状。而辉锑矿，白钨矿很少。由化学全分析结果，与矿脉有一定区别（表5）。破碎结构发育，黄铁矿、石英破碎相互胶结状。

各蚀变带之间各元素变化特征：取两个剖面作化学分析如表6、表7，据此作各元素的变化趋势图（图4）。

表 5 矿脉与灰白色破碎带化学成分 (%)

Table 5 Chemical composition of ore vein and greyish white fracture zone

采样位置	SiO_2	Fe_2O_3	FeO	Al_2O_3	TiO_2	CaO	灼失	K_2O	Na_2O	MnO	S	P_2O_5	MgO
18中段V_4矿石样(1)	54.41	2.23	0	1.95	0.07	0.025	21.79	0.1	0.1	0.016	0	0.023	0.75
19中段V_4灰白色带样	39.52	10.05	0.15	31.14	0.38	0.59	11.02	3.91	2.20	0.019	7.14	0.030	0.41
18中段灰白色带样	42.41	18.65	0.32	11.40	0.71	0.30	15.81	1.22	0.31	0.019	14.36	0.039	0.49

(1) 成都地院硕士论文，其余为湖南省地质研究中心

表 6 19平V_4下蚀变带岩石化学全分析结果(%)

Table 6 Chemical composition of under altered zone rocks from V_4 ore vein at No. 19 level

编号	SiO_2	Fe_2O_3	FeO	Al_2O_3	TiO_2	CaO	灼失	K_2O	Na_2O	MnO	S	P_2O_5	MgO	WO_3	Sb	Au ($\times10^{-6}$)	CO_2
Ⅳ	39.52	10.05	0.15	31.14	0.38	0.59	11.02	3.91	2.20	0.019	7.41	0.030	0.41	0.078	0.012	19.2	0.14
Ⅲ	46.79	5.35	1.51	23.74	0.37	1.62	13.85	3.13	1.11	0.09	2.91	0.230	0.48	1968×10^{-5}	0.119	3.33	
Ⅱ	61.70	0.95	3.00	13.18	0.45	4.31	9.79	2.62	0.5	0.44	0.019	0.084	2.13	13	0.009	0.001	
原岩	63.53	5.31	1.73	16.02	0.68	1.33	3.73	3.13	1.37	0.19	0.12	0.10	1.63				0.58

湖南省实验中心分析

维普资讯 http://www.cqvip.com

表 7　18平V_3上蚀变带岩石化学分析结果　(%)

Table 7　Chemical composition of upper altered rocks from V3 ore vein at No. 18 level

编号	SiO_2	Fe_2O_3	FeO	Al_2O_3	TiO_2	CaO	MgO	灼失	CO_2	K_2O	Na_2O	MnO	S	P_2O_5	W	Sb	Au ($\times10^{-6}$)
Ⅳ	42.41	18.85	0.32	11.40	0.71	0.30	0.49	15.31	0.13	1.22	0.31	0.019	14.36	0.039	0.004	0.058	29.9
Ⅱ	62.02	4.06	0.12	24.47	0.70	0.40	0.45	2.35	0.22	2.52	0.54	0.065	0.97	0.050	0.0057	0.214	0.7
Ⅰ	53.63	2.15	3.16	20.00	0.78	0.50	2.17	7.04	3.92	2.94	1.79	0.22	0.05	0.0053	0.0053	0.010	0.2
原岩	63.53	5.31	1.78	16.02	0.68	1.33	1.68	3.73		3.13	1.37	0.19	0.12	0.10			

河南省地质实验中心分析

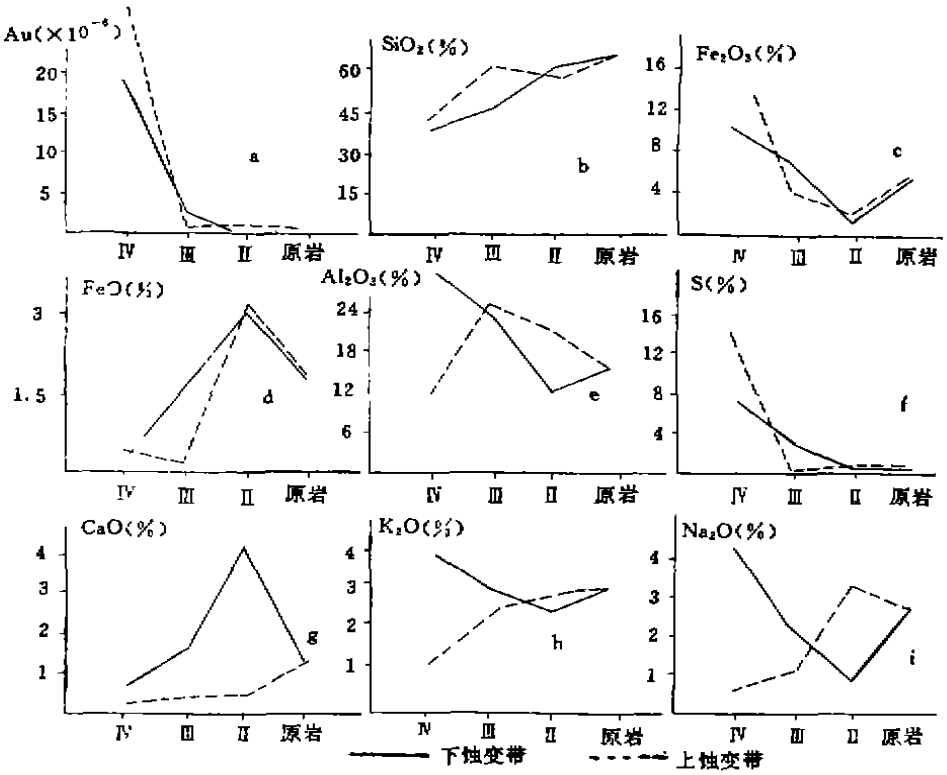


图 4　各蚀变带元素分布变化趋势

Fig.4　Some elements variation trend in different altered zones

由表 6，表 7、图 4，从原岩到Ⅳ蚀变带：

(1) Au，Fe_2O_3，Al_2O_3，S有递增趋势。

(2) SiO_2，FeO，CaO有递减趋势。

(3) K_2O，Na_2O总体是递增趋势，但上、下蚀变带有差异(如图 4)，下蚀变带明显递增，而上蚀变带略有减少。

上述结果，主要是热液对原岩的淋滤作用所致。

维普资讯 http://www.cqvip.com

5 结　论

通过对湘西金矿围岩蚀变类型及其与矿化关系，围岩蚀变分带的研究，主要结论有：

1）湘西金矿围岩蚀变类型较多，有黄铁矿化、硅化、绢云母化、叶腊石化、伊利石化、绿泥石化和碳酸盐化。都属典型的中—低温热液矿床的蚀变类型。

2）与金矿化关系密切的蚀变类型有：黄铁矿化、伊利石化、硅化。与钨矿化关系密切的蚀变类型是硅化。

3）蚀变围岩可分四个带，它们在矿物成分、矿物的形态、内部结构和颜色都有变化。

4）矿脉于蚀变带中，一般矿脉厚度小于蚀变岩厚度，蚀变岩厚度越大，则相应矿脉越厚。矿区总体下蚀变带较上蚀变带厚。

5）蚀变岩中无锑矿化。蚀变岩中金矿化与矿脉中金矿化呈正相关。

参 考 文 献

[1] 张振儒. 金矿研究. 长沙：中南工业大学出版社，1989

[2] 贺潜飞. 金的后生特性研究及再生成矿机理探讨. 湖南地质，1985；4（1）

RELATIONSHIP OF WALL-ROCK ALTERATION AND MINERALIZATION ON GOLD DEPOSIT IN WESTERN HUNAN PROVINCE

Guo Dingliang

(Changsha Institute of Geotectonics, Academia Sinica, Changsha, 410013)

Abstract

Wall-rock alterations of gold deposit in western Hunan province include pyritization, silisification, sericitzation, pyrophyllitization, illitization, chloritization and carbonatization. Gold mineralization is closely related to pyritization, illitization and silicification; tungsten mineralization is related to silicification. From protolith to orebody, the altered wall-rock can be divided into four zones: I. quartz-sericite-carbonate-chlorite; II. sericite-pyrite-pyrophyllite; III. pyrite-illite-sericite; IV. greyish white fracture zone. They vary in mineral composition, mineral form, texture and colour.

Key words: wall-rock alteration; gold deposit; mineralization; Hunan