

# 中国微细浸染型金矿床围岩蚀变地质特征

吴烈善<sup>1,2</sup>, 彭省临<sup>1</sup>

(1. 中南大学 地学与环境工程学院, 长沙 410083; 2. 广西大学 化学化工学院, 南宁 530004)

**摘要:** 微细浸染型金矿的围岩蚀变一般较弱, 主要蚀变类型以硅化、碳酸盐化、粘土化、绢云母化为主; 围岩蚀变与容矿岩石类型及其岩性组合密切相关, 化学组分的变化因围岩的性质而异; 金矿化强度与围岩蚀变强度和蚀变组合复杂程度成正比, 金矿体出现在蚀变中心部位或蚀变分带的内带。

**关键词:** 围岩蚀变; 微细浸染型; 金矿床

**中图分类号:** P614; P18. 51 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-1412(2005)03-0151-05

中国微细浸染型金矿主要分布于滇黔桂、川甘接壤区、秦岭褶皱带, 即沿狭义的扬子地块周边的地槽褶皱带分布, 主要产在板块边缘的克拉通坳陷盆地和断陷带盆地中, 从构造演化史来看, 它们一般都经历了大洋地槽、弧后盆地、克拉通、准地台、裂谷带及陆内断陷盆地等发展阶段, 其大地构造属性与美国西部的卡林型金矿分布区相类似。

这类金矿床的成矿物质主要来自特定的沉积环境形成的矿源层, 其成矿作用大体有 3 种类型: 层控地下热卤水成矿作用、层控有机成矿流体作用和层控深源成矿流体成矿作用<sup>[1]</sup>; 赋矿主岩主要为碎屑岩和碳酸盐岩; 有一套中低温的矿物共生和 Au-Ag-As-Sb-Tl 等低温元素组合, 金的粒度多为次显微-显微级, 在成因上属浅成中低温热液矿床<sup>[2]</sup>; 该类型矿床的围岩蚀变一般都较弱, 为了对该类型金矿床有个全面的认识, 有必要对其围岩蚀变进行系统的论述。

## 1 围岩蚀变的主要类型及特征

中国微细浸染型金矿围岩蚀变以硅化为主, 其次为碳酸盐化、粘土化、绢云母化, 还见有绿泥石化、黑云母化、钠长石化和重晶石化, 现简述如下:

### 1.1 硅化

硅化作用是微细浸染型金矿床中发育最强烈也

最广泛的一种围岩蚀变, 根据硅化的产状特征及其与金矿化的成因联系, 将硅化分为 3 期:

(1) 成矿早期硅化: 常呈面状分布, 热液蚀变形成的石英呈极细粒 (0. *n* mm) 的他形粒状沿原岩矿物的裂隙或边界进行蚀变交代。在部分矿区, 这种硅化常强烈地发育于矿体的底板, 成为基本由石英组成的硅化岩 (交代石英岩), 如板其、戈塘、革档、高龙、坪定、拉尔玛、长坑和吕山等矿床底板都有这种特征。在吕山矿区, 交代石英岩还呈“岩墙”状产出。有人提出, 在原生沉积阶段在硅化岩产出部位存在有硅胶沉积, 它们在成岩固结阶段渗入到灰岩或其他岩石中, 交代、溶蚀造岩矿物, 形成了主要由微晶石英组成的岩石, 在石英内保留了呈交代残余产出的碳酸盐质点或尘埃状粘土质点, 这些点多呈环带状分布。至少在拉尔玛和长坑矿区, 已证明此类硅化岩与热水沉积有关 (刘家军等, 1993<sup>[3]</sup>; 张湖, 1993<sup>[4]</sup>)。

在秦岭地区, 早期硅化常常呈石英大脉产出。一般脉体成分简单, 石英呈乳白色, 有时也含少量铁碳酸盐和金属硫化物。脉幅相对较粗, 多为几至十几厘米。当顺层产出时, 往往随岩层一同褶皱。

(2) 主成矿期硅化: 主要呈石英细 (网) 脉状沿岩石的裂隙或节理充填。滇黔桂地区石英脉体较细小 (0. 1~1 mm, 个别达 3~5 mm), 秦岭地区脉体较粗, 一般 1 cm 左右, 少数达 3~5 cm; 组成脉体的石

英或透明度好,具油脂光泽,或呈浅灰至灰色,脉体成分相对复杂,常共生有多种矿物,主要为黄铁矿、毒砂、白云石和方解石。不同矿区,主成矿期的石英细脉的矿物组合不同,最常见的为石英-黄铁矿-毒砂脉、石英-(铁)白云石-方解石脉、石英-重晶石脉、石英-辉锑矿脉和石英-(雌)雄黄脉,后两者在中秦岭地区缺失。此外在戈塘和长坑矿区见到萤石-石英细脉,三岔河和紫木凶矿区见石英-地开石细脉,双王、二台子和八卦庙矿区见石英-铁碳酸盐-更钠长石脉,八卦庙矿区还见有石英-电气石脉。

(3)成矿晚期硅化:主要表现为梳状石英细脉,其次为产于石英晶洞或矿石中呈自形晶产出的石英。滇黔桂地区还见有呈乳白色的石英大脉,其中常含有粗粒自形晶黄铁矿、团块状辉锑矿、雄黄等,秦岭地区的晚期石英脉则常与方解石或重晶石、石膏等伴生。

## 1.2 碳酸盐化

碳酸盐化主要包括(铁)白云石化和(铁、镁)方解石化,这也是常见的一种蚀变类型。

(1)白云石化:为主成矿期蚀变,主要以白云石-石英细脉形式产出,脉内还可共生有黄铁矿、毒砂等。在秦岭地区,蚀变形成的白云石常含较高的铁质(如八卦庙矿区经电子探针分析铁白云石 $w(\text{FeO})=13\%$ 左右,15件样平均),故常称铁白云石化,它们常富集分布于条带状千枚岩中的粉砂质条带中而成斑点状。

(2)方解石化:为成矿晚期蚀变,主要呈方解石脉的形式产出,一般脉体较纯,部分脉体含少量黄铁矿。

## 1.3 粘土化

粘土化为热液蚀变及表生蚀变作用叠加而成,它与金矿化关系十分密切。不同地区不同矿床中所形成的矿物不尽相同,在滇黔桂地区这类蚀变矿物包括水云母、多水高岭石、伊利石及三水铝石等,呈团块状、斑点状、条带状和微脉状产于蚀变岩中,经对这些矿物作单矿物分析,其含金量为主岩的数倍至十余倍,这类型矿物有很强的吸附能力,是主要的载金矿物之一。此外在甘肃坪定矿床中粘土化表现为地开石化和高岭石化,与其伴生的有臭葱石,呈细脉状、条带状、斑点状及雪花状产出,局部可形成地开石岩,或于次生石英岩中呈不规则块状、角砾状或条带状。蚀变岩石经粘土化后多呈灰白色(退色),质地松散极易辨认,是主要的找矿标志之一。

## 1.4 绢云母化

绢云母化主要见于皖南地区和秦岭的礼县地区和西成—凤太地区,呈显微鳞片状散布,多定向排列,泥质岩类及泥灰岩中的泥质条带最为发育,也见充填于岩石裂隙中形成绢云母微细脉。绢云母化常与硅化、黄铁矿化、绿泥石化和碳酸盐化相伴生。

## 1.5 绿泥石化

在甘肃李坝和陕西八卦庙矿区,绿泥石化虽不算强烈,但普遍存在。绿泥石主要交代热变质斑点中的黑云母,还可呈鳞片浸染状、粒状集合体或微细脉状产出,常与绢云母化共生。绿泥石化是造成岩石退色的原因之一。在丘洛矿床的普弄巴矿段,绿泥石化分布广泛而强烈,绿泥石主要是交代基性岩中的暗色矿物和斜长石以及凝灰岩中的凝灰物质,呈集合体状疏密不均地分布于岩石中,局部绿泥石化强烈时可形成“绿泥石岩”。经鉴定、分析,绿泥石为铁镁绿泥石、斜绿泥石和叶绿泥石。

## 1.6 黑云母化

黑云母化为八卦庙、李坝和安家岔矿区的主要蚀变类型之一,它的产出形式有4类:①黑云母变斑晶,呈不规则片状,片度为0.5~1 mm,晶边不整齐,且多显筛孔结构,即晶体内部常有细小石英、碳酸盐矿物包体,或包有柱状磁黄铁矿,并常有由细小小榍石包体形成的放射晕,可能为热变质产物,②黑云母矿物还是组成蚀变斑点的矿物成分之一。在秦岭地区微细浸染型金矿的赋矿岩石中,常有斑点状的黑云母蚀变矿物;③呈细小片状分散于泥质为主的条带中,愈靠近脉体愈发育,黑云母片度为0.02~0.05 mm;④呈脉状充填于显微裂隙或节理中,脉体中除了黑云母(片度可粗达0.1~0.4 mm)外,还常共生有碳酸盐、绿泥石、磁黄铁矿和黄铁矿等。

## 1.7 钠长石化

钠长石化主要沿秦岭泥盆系钠长-碳酸岩角砾岩带及其附近分布,该带断续延长达500 km,主要产于中泥盆统中。以双王金矿为例,在角砾岩带中心部位发育有交代钠长岩,其中钠长石含量>95%,另外还含绢云母(<5%)和微量的磷灰石、电气石、金红石、黄铁矿和锆石等。交代钠长岩向外(即钠长岩角砾岩边缘)逐渐过渡为钠长石化绢云母板岩。八卦庙矿区未见钠长碳酸岩角砾岩,但在个别矿带的富矿地段发现有钠长石化绢云母板岩,在矿化破碎带中并见有石英-黑云母-钠长石化及钠长细晶岩脉。

除了上述描述的主要蚀变类型外,在一些矿床还见有重晶石化、硬石膏化、萤石化、磷灰石化、电气



## 2.2 矿床蚀变分带

总体上,微细浸染型金矿的围岩蚀变不强,蚀变分带不清楚,在秦岭地区和皖南地区的部分矿床中,可出现不明显的蚀变分带现象,从断裂破碎带中心向外,大致可划分出3个蚀变带:①硅化带,蚀变矿物以石英为主,其次为绢云母、黄铁矿;②绢云母化-硅化带,蚀变矿物以绢云母、石英为主,还见有绿泥石和黄铁矿;③绢云母化带,蚀变矿物绢云母、碳酸盐矿物或绿泥石为主。如李坝矿区从近矿→远矿可分为黄铁矿绢云母化带→绢云母化带→绿泥石化带→石膏-方解石化带;双王金矿床自内向外划分为:钠长石带→钠长石、含铁白云石带→钠长石、绢云母、含铁白云石带→绢云母、钠长石、绿泥石带。

无论蚀变分带明显与否,大部分的微细浸染型金矿床均在断裂破碎带内的强蚀变中心部位存在一个退色带。这是由于在热液蚀变交代过程中,原岩中含铁矿物的铁被带出,或黑云母被绿泥石及(铁)碳酸盐矿物所交代,使原岩由灰绿或黑绿色的岩石退色成浅灰色或浅褐黄色;许多含碳高的矿床(如拉尔玛、东北寨、烂泥沟等)退色带则是由于热液蚀变作用引起有机碳热解(即脱碳)作用引起。

如前所述,某些矿床发育的早期热变质斑点主要由黑云母和绿泥石构成,随着后期成矿热液的蚀变交代作用,斑点原成分逐渐为铁碳酸盐、尤其是硫化物所取代,形成所谓“退斑”现象。

## 3 围岩蚀变的化学元素变化特征

### 3.1 围岩性质对蚀变作用的制约

近矿围岩蚀变与容矿岩石类型及其岩性组合密切相关。绝大多数的微细浸染型金矿容矿岩石为细碎屑岩,故围岩蚀变均以硅化为主,其次为碳酸盐化、粘土化或绢云母化,在以薄层灰岩和泥质灰岩为容矿岩石的部分矿床中,碳酸盐化蚀变更加普遍。在以基性-超基性岩为容矿岩石的丘洛矿床普弄巴矿段,绿泥石化广泛而强烈(局部还可形成成分单一的“绿泥石岩”),同时还见有菱镁矿化。在八卦庙矿区的条带状斑点板岩中,石英斑点和碳酸盐斑点富集于粉砂质条带中,而泥质斑点则富集于泥质条带中。黑云母化变斑晶则限于薄层泥质灰岩中。

### 3.2 蚀变作用对原岩成分的改变

由于原岩成分差异大,且微细浸染型金矿的蚀

变作用相对较弱,所以蚀变过程中的元素迁移变化不十分明显,多数变化无规律。在个别矿床,由于某种蚀变作用较强,与之相关的成分在蚀变过程变化较明显(表2)。如双王矿床以铁白云石化和钠长石化为主,在蚀变过程带入组分为 $\text{CaO}$ 、 $\text{CO}_2$ 、 $\text{Na}_2\text{O}$ ,带出组分为 $\text{K}_2\text{O}$ 、 $\text{FeO}$ 、 $\text{MgO}$ ;八卦庙和李坝矿床绢云母化和褐铁矿化较强,故带入组分为 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 、 $\text{K}_2\text{O}$ 、 $\text{CaO}$ ,带出组分为 $\text{FeO}$ ;花山和吕山矿床均以强烈硅化和褐铁矿化为主,故大量带入的是 $\text{Si}$ 和 $\text{Fe}^{3+}$ ,但大量带出的组分则因原岩不同而异,原岩为碎屑岩的花山矿床大量带出的有 $\text{Al}$ 、 $\text{Fe}^{2+}$ 、 $\text{Mg}$ 、 $\text{K}$ 、 $\text{Na}$ ,原岩为泥灰岩的吕山矿床大量带出的为 $\text{Ca}$ 、 $\text{Mg}$ 、 $\text{C}$ ,当绢云母化发育时,则主要带入 $\text{Al}$ 、 $\text{K}$ 。

## 4 围岩蚀变与金矿化的关系

金矿化强度与围岩蚀变强度往往都成正比,且富矿部位一般是多种类、多期次围岩蚀变。但单一类型的强蚀变岩有时其金矿化反而很差,如双王的交代钠长岩( $w(\text{Au}) < 1 \times 10^{-6}$ ),高龙的次生石英岩( $w(\text{Au}) < 0.1 \times 10^{-6}$ )。

从围岩→弱蚀变岩→强蚀变岩(矿体),不仅化学成分发生变化,微量元素变化更为显著。随蚀变作用的增强, $\text{Au}$ 、 $\text{As}$ 、 $\text{Sb}$ 、 $\text{Hg}$ 、 $\text{Ag}$ 等指示元素也随之增高,金矿体出现在蚀变中心部位或蚀变分带的内带,如硅化带、绢云母化-硅化带中。金矿化带还与退色带、退斑带相吻合。

许多热液蚀变矿物,尤其是含砷黄铁矿、毒砂、粘土矿物、绢云母、石英等本身就是载金矿物。在秦岭地区,这些矿物还经常与单体金共生,或者单体金常产于这些矿物的晶间或晶内裂隙中。

滇黔桂地区主成矿期硅化形成的石英中 $w(\text{Au}) = 13 \times 10^{-9} \sim 93 \times 10^{-9}$ ,而成矿早期和晚期石英 $w(\text{Au})$ 一般 $< 0.3 \times 10^{-9}$ 。相对而言,秦岭地区微细浸染型金矿化与硅化的关系更为密切。如陕西八卦庙矿床表现得最为明显,矿石金品位与石英脉发育程度和破碎程度、共生硫化物的含量成正比,与脉体的厚度、共生硫化物的粒度成反比,石英细脉金的质量分数比脉旁围岩高数倍至十多倍(韦龙明等,1998<sup>[5]</sup>),主成矿期的石英细脉 $w(\text{Au}) = 1.90 \times 10^{-6} \sim 85 \times 10^{-6}$ ,平均 $18.41 \times 10^{-6}$ (42件样),而成矿早期的石英大脉 $w(\text{Au}) = 0.0004 \times 10^{-6} \sim 0.85 \times 10^{-6}$ ,

表 2 蚀变岩石与原岩化学成分变化对比表

Table 2 Comparison of chemical composition of the altered rock the and primary rocks

$w_B/\%$

矿床	岩性	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	CaO	MgO	TiO <sub>2</sub>	MnO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	CO <sub>2</sub>
双王	强蚀变岩	58.70	19.58	1.03	1.06	2.93	2.11	0.38	0.01	3.32	5.28	0.13	2.51
	弱蚀变岩	58.63	20.02	1.63	3.48	1.39	2.84	0.39	0.01	4.43	2.38	0.13	1.38
八卦庙	强蚀变岩①	62.29	15.99	5.72	0.75	2.08	0.78	0.74	0.11	4.87	1.61	0.07	1.52
	弱蚀变岩①	58.99	18.59	3.01	3.60	1.73	2.00	0.75	0.06	5.10	1.03	0.09	1.02
	强蚀变岩②	54.30	14.66	1.85	3.97	4.77	2.76	0.66	0.10	4.07	1.29	0.05	6.90
	弱蚀变岩②	58.42	16.14	1.45	4.60	3.06	2.93	0.72	0.08	4.53	1.44	0.05	3.72
	围岩	61.61	15.02	3.93	2.19	3.66	2.14	0.62	0.14	3.63	1.05	0.61	—
李坝	强蚀变岩	59.63	18.80	5.50	0.95	0.41	3.04	0.48	0.05	4.70	0.18	0.07	—
	弱蚀变岩	58.72	19.04	2.03	5.54	1.14	4.34	0.68	0.10	3.43	0.98	0.14	—
	围岩	60.09	17.10	3.81	3.91	0.50	3.05	0.72	0.19	3.62	0.71	0.13	—
矿床	岩性	Si	Al	Fe <sup>3+</sup>	Fe <sup>2+</sup>	Ca	Mg	Ti	Mn	K	Na	P	C
花山	碳质页岩	487.0	171.5	13.0	34.0	27.6	41.0	4.7	0.60	42.2	14.5	1.0	85.6
	硅化页岩	607.2	144.4	21.3	2.2	1.4	7.6	3.9	0.07	39.9	2.4	1.0	6.1
	强蚀变岩	551.4	100.5	22.0	3.8	36.5	34.6	3.0	0.50	29.6	8.2	10.2	133
吕山	泥灰岩	42.2	11.9	1.5	2.0	485	8.40	0.3	1.20	3.2	0.6	0.2	965
	硅化灰岩	603.5	122.6	58.1	5.1	0.7	6.84	2.8	0.04	36.0	0.6	1.5	5.0
	石英岩	771.5	13.2	3.9	6.8	1.3	0.02	0.4	0.13	2.4	0.3	1.0	6.4

注:1、双王的蚀变岩为交代(含铁白云岩)钠长石和含(铁白云岩)钠长石化绢云母板岩;2、八卦庙和李坝的蚀变岩为绢云母岩;3、八卦庙矿区为氧化带,为原生带;强蚀变岩出现退色化,弱蚀变岩无退色化。

平均  $0.221 \times 10^{-6}$  (12 件样)。又如拉尔玛矿区不同产状的石英其含金性明显不同,成矿早期的硅化石英岩中的石英  $w(\text{Au}) = 0.01 \times 10^{-6} \sim 66 \times 10^{-6}$  (2 件样),主成矿期石英细脉中的石英  $w(\text{Au}) = 113.1 \times 10^{-6}$  (3 件样),重晶石石英细脉中的石英  $w(\text{Au}) = 91.1 \times 10^{-6}$  (3 件样),而成矿晚期石英大脉中的石英  $w(\text{Au})$  仅  $0.067 \times 10^{-6}$  (李亚东等,1994<sup>[6]</sup>)。

综上所述,强蚀变带、退色带、退斑带、化探异常带均是微细浸染型金矿床矿化有利地段的良好标志。

致谢:撰写本文参阅了桂林矿产地质研究院部分研究资料,谨此谢意。

参考文献:

[1] 贾大成,胡瑞忠.微细浸染型金矿床及其成矿作用[J].吉林地质,2002,21(3):1-5.  
 [2] 刘东升.中国卡林型(微细浸染型)金矿[M].南京:南京大学出版社,1994.  
 [3] 刘家军,郑明华.拉尔玛海底喷流成因硒-铜-镍-钼-铂族元素-金矿床[J].贵金属矿床,1993,2(2):100-103.  
 [4] 张湖.长坑金矿构造岩和成矿过程分析[A].第五届全国矿床会议论文集[C].北京:地质出版社,1993. 286-288.  
 [5] 韦龙明,吴烈善,朱桂田,等.八卦庙金矿床石英脉与金矿化关系再研究[J].地质找矿论丛,1998,13(3):9-14.  
 [6] 李亚东.西倾山热泉-岩溶-蚀变岩型金矿成矿模式的初步研究[J].矿产与地质,1994,39(1):8-11.

5.250;成矿流体氧化还原电位(Eh) = -0.104 ~ 0.039 V, 平均值 -0.081 V。成矿流体逸度值: 氧逸度  $\lg f_{O_2} = -49.612 \sim -40.756$ , 平均值 -43.830; 二氧化碳逸度  $\lg f_{CO_2} = -2.207 \sim -0.674$ , 平均值 -1.243。硫逸度  $\lg f_{S_2}$  为 -12.329 ~ -8.595, 平均值为 -9.870。计算结果显示, 从成矿作用的早期到晚期, 成矿流体的酸碱度和逸度具有降低的趋势, 而氧化还原电位具有增高的趋势。

#### 参考文献:

- [1] 温春齐. 西藏马攸木金矿床的发现及其意义[J]. 成都理工大学学报(自然科学版), 2003, 30(3): 253.
- [2] 多吉. 西藏自治区普兰县马攸木矿区岩金外围预查地质报告[R]. 拉萨: 西藏自治区地质矿产开发局, 2002.
- [3] Ahmad S.N. Fluid inclusion in porphyry and skarn ore at Souté Rita, New Mexico[J]. Econ. Geol., 1980, 75(2): 229-250.
- [4] 陈永彬, 赵长发, 史文泉. 甘肃省肃北县马庄山金矿成因分析[J]. 甘肃地质学报, 2003, 12(1): 58-62.
- [5] 彭建堂, 戴塔根. 湘西南金矿床成矿流体地球化学研究[J]. 矿床地质, 1999, 18(1): 73-82.
- [6] 贾斌, 毋瑞身, 田昌烈, 等. 新疆阿希金矿浅成低温流体特征[J]. 黄金地质, 2001, 7(1): 39-46.
- [7] 沙德铭. 西天山阿希金矿流体包裹体研究[J]. 贵金属地质, 1998, 7(3): 180-188.
- [8] 贾斌, 毋瑞身, 田昌烈, 等. 新疆阿希晚古生代冰长石-绢云母型金矿特征[J]. 贵金属地质, 1999, 8(4): 199-208.

## PRELIMINARY STUDY ON THE FLUID PHYSICOCHEMICAL CONDITIONS OF MAYUM GOLD DEPOSIT IN TIBET

HUO Yan, WEN Chun-qi, LI Bao-hua, SUN Yan

(Geosciences College of Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, China)

**Abstract:** The ore-forming fluid of Mayum gold deposit has properties of medium-low temperature (140 ~ 311°C), low salinity (<11.4%) and pressure (<35.46 MPa), weak acid and reduction environment (pH = 4.566 ~ 4.750, Eh = -0.782 ~ 0.232). Mayum gold deposit is an epithermal deposit.

**Key words:** physicochemical conditions; Mayum gold deposit; Tibet

(上接第 155 页)

## GEOLOGICAL CHARACTERISTICS OF WALL-ROCK ALTERATION OF MICRO-DISSEMINATED GOLD DEPOSITS IN CHINA

WU Lie-shan<sup>1,2</sup>, PENG Sheng-lin<sup>1</sup>

(1. School of geoscience and environmental engineering of central south university, Changsha 410083, China;

2. School of Chemistry and Chemical Engineering, Guangxi University, Nanning 530004, China)

**Abstract:** Micro-disseminated Au deposits are generally associated with weak wall rock alterations. Silicification, carbonation, argillation and sericitization are the main alteration types. The alteration type is closely related to the type and lithologic assemblage of the host rocks. Chemical composition of the alterations are varied with the property of the wallrock. Au mineralization intensity is proportional to the wall-rock alteration intensity and the complexity of the alteration assemblage. Au ore body occurs at center and inner zone of the alterations.

**Key words:** wall-rock alteration; micro-disseminated; gold deposits; China