

碱交代作用及其与钨矿化的关系

——主要以西华山钨矿为例

赫 英

(西北大学地质系)

内容提要: 西华山存在两种不同性质的碱交代作用。一种以钠长石化和白云母化为主, 封闭式地呈面型存在于花岗岩体中, 一种以钾微斜长石化(红长石化)和云英岩化为主, 开放式地呈线型存在于矿脉两旁。两者与花岗岩之间在特征和成分上的连续性和相关性说明导致碱交代的流体主要源自岩浆。对赣南和湘南、西华山和大龙山以及西华山南区和北区的比较观察, 显示在岩浆作用、碱交代作用和成矿作用之间存在共同演化之现象, 似乎随着地质环境及岩石组合的变化, 钨、锡、钼等成矿元素也有不同的组合趋势。研究表明, 成矿作用是岩浆作用、碱交代作用等统一过程的结果, 且本质的成矿作用是岩浆。

主题词: 花岗岩 碱交代 钨 锡 钼 西华山

花岗岩中的碱交代作用问题, 一直为许多学者所重视。郭文魁先生早就指出了西华山黑钨石英脉中由下至上碱、硅和挥发组分的分离现象, 并以此来解释脉旁的蚀变分带^[8]。1981年以来, 他进一步提出封闭分异-渗浸注侵-聚集交代作用理论^①, 特别强调了封闭开放条件和金属成矿作用的关系。并认为西华山钨矿是一个与岩浆后期渗浸相联系的热液脉矿实例^[1]。南京大学胡受奚等, 长期以来一直从事碱交代作用的研究, 他们对西华山脉旁蚀变的研究^[2], 至今的实践证实其许多方面仍然是正确的。以后, 他们又提出了碱交代成矿模式^[3], 对碱交代作用与钨矿化的关系做了深入探讨, 当前已为许多人所接受。杜乐天详细研究了大量实际资料, 对碱交代作用的地球化学共性做了出色总结, 并将其划分为开放式、半封闭(半开放式)、封闭式三种类型^[4]。

笔者仅根据近六七年来在郭文魁先生指导之下对赣、湘南钨锡矿区特别是西华山矿区的研究以及近年来对秦岭有关矿区(如金堆城)的观察, 在上述学者学术思想的启发下, 谈谈对碱交代作用及其与金属矿化特别是钨矿化关系的认识。因水平有限, 不当之处, 望不吝指正。

一、两种不同的碱交代作用

西华山花岗岩株中存在有两种不同的碱交代作用, 其中含挥发分矿物和不含挥发分矿物常成对出现。

1. 早期碱交代作用

这种碱交代作用是封闭式地呈面型存在于岩体中, 主要表现为钠长石化(不含挥发分矿物)和白云母化(含挥发分矿物)。空间上二者不分离, 时间上也没有明显的先后关系。

西华山各类型花岗岩都不同程度地遭受了早期碱交代作用, 以似斑状中粗粒黑云母花岗岩

① 郭文魁 (1981) “金属成矿的渗浸作用与注侵作用”

岩(γ_1^a)最轻, 荡坪中细粒黑云母花岗岩稍次(γ_2^c), 西华山中粒浅色花岗岩(γ_3^b)最甚。表现在:

1. 似斑状中粗粒黑云母花岗岩为浅灰色, 斑杂构造, 富黑云母团块包体多见, 在其和浅变质围岩的接触带, 细粒花岗岩和似伟晶岩壳均不很发育。而中粒花岗岩则截然不同, 岩石明显地浅色化, 斑杂构造趋于消失, 斑晶分解, 岩石均一化而成等粒结构, 细粒花岗岩和似伟晶岩壳以及岩体中的似伟晶岩团块体均很发育。

2. 西华山各类型花岗岩中都不同程度地存在有一些石榴石。似斑状中粗粒黑云母花岗岩中的石榴石很少且很小, 一般均小于0.5mm, 晶形完整而颜色紫黑。而中粒花岗岩则截然不同, 在岩石浅色化的同时有石榴石大量出现, 其含量可达0.1%—0.3%, 颗粒多大于0.5mm。石榴石和白云母呈逆相关, 即白云母含量越多, 石榴石的含量越少。石榴石中常见包有黑云母、磷钇矿以及氟碳钙钇矿、黑稀金矿等稀土矿物的核, 但却很少见其包有独居石的核, 而后者却是似斑状中粗粒花岗岩中最常见的稀土矿物。石榴石的REE球粒陨石标准化曲线显示明显的富重稀土特征, 可能是这个原因。更晚的石榴石中还可见到萤石、白云母和石英的包体。电子探针分析表明, 中粒花岗岩中的石榴石均为锰铝榴石, 且显示边部富锰的特征(表1)。在大龙山的230中段, 笔者还见有一种石榴石线, 分布在白云母化花岗岩和钠长石化花岗岩的界线上。以上事实说明, 石榴石的形成晚于钠长石化, 石榴石的多少、颜色和成分, 可以反映早期碱交代作用的特征。

表 1 石榴石的成分特征(%)

Table 1. Composition of garnet from two types of granite (in percentage)

岩 性	位 置	元 素 及 含 量(%)							备 注
		Al	Si	Ca	Mn	Fe	K	Cl	
中 粒 花 岗 岩	7125 钻 孔 岩 心	17.11	27.03	2.14	28.71	25.01			颗粒中心
		17.32	26.06	0.63	31.18	24.82			颗粒边部
细 粒 花 岗 岩	7125 钻 孔 岩 心	27.68	34.82	1.65	9.30	25.08	0.36	1.11	颗粒中心
		17.30	26.54	1.39	32.67	22.11			颗粒边部

注: 笔者采样选点, 黄金指挥部黄金研究所探针室测试

3. 在主要矿物的含量上, 较之似斑状中粗粒黑云母花岗岩, 中粒花岗岩中钾长石和黑云母的含量有所减少(分别由34%和6%降至31%和1.5%), 而白云母、石英的含量有所增加(分别由少见和31%增至2%和34%)。在副矿物成分上, 似斑状中粗粒黑云母花岗岩中以锆石、独居石、磷灰石、钛铁矿、磁铁矿为主, 而中粒花岗岩则以石榴石、硅铍钇矿、氟碳钙钇矿、磷钇矿为特征。

4. 在岩石化学成分上^[6], 较之似斑状中粗粒黑云母花岗岩, 中粒花岗岩 TiO_2 、 MgO 、 $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO}$ 以及 K_2O 、 CaO 等明显减少而 MnO 、 Na_2O 和 SiO_2 等明显增加。在矿物化学成分上, 较之似斑状中粗粒黑云母花岗岩, 中粒花岗岩中黑云母的成分(表2)显示出 TiO_2 、 MgO 、 $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO}$ 以及 K_2O 等明显减少而 MnO 等明显增加。斜长石的成分(表3)显示出 CaO 明显

表 2 碱交代过程中黑云母成分(%)的变化

Table 2. Variation in chemical composition of biotite during alkaline metasomatism (in percentage)

岩 性	位 置	成 分						
		TiO ₂	MgO	K ₂ O	FeO	MnO	SiO ₂	Al ₂ O ₃
似斑状中粗粒黑云母花岗岩	594中段514石门, 颗粒中心	3.17	6.08	10.57	25.22	0.50	36.30	18.17
同 上	同上, 颗粒边部	2.04	4.65	9.72	26.53	0.68	36.81	19.57
中粒浅色花岗岩	矿区西部7125钻孔岩心	0.13	—	9.67	29.14	1.17	37.44	22.44
同 上*	矿区西北部5263钻孔岩心	0.67	1.07	10.99	26.19	1.18	32.78	23.64

注: 笔者采样选点, 测试单位同表 1; * 为中国地质科学院矿床所探针室测试, 供参考

表 3 碱交代过程中斜长石成分(%)的变化

Table 3. Variation in chemical composition of plagioclase during alkaline metasomatism (in percentage)

CaO	Na ₂ O	$\frac{CaO}{(CaO + Na_2O)}$	位 置		岩 性
6.45	3.62	0.64	594中段514石门东	颗粒中心	似斑状中粗粒黑云母花岗岩 (深色)
7.16	2.23	0.763		颗粒中间	
12.56	3.76	0.770		颗粒边部	
6.92	3.59	0.692	594中段514石门旁	颗粒中心	同上 (浅色)
6.90	3.10	0.690		颗粒边部	
1.04	4.27	0.196	7125钻孔	颗粒中心	矿区西部深部矿化顶帽区外之中粒花岗岩
1.04	4.55	0.186		颗粒边部	
1.29	9.93	0.115	5263钻孔		同上, 矿区西北部深部
0.50	10.74	0.049	720中段正巷299号矿脉旁		岩体顶部中粒花岗岩
0.08	10.16	0.008	同上		岩体顶部弱钾微斜长石化岩
0.19	10.64	0.018	538中段正巷299号脉旁		岩体中部钾微斜长石化岩
0.35	10.52	0.032	431中段正巷北		岩体下部矿化区外强钾微斜长石化岩
0.09	9.94	0.009	594中段91号脉天井		钾微斜长石化岩
0.03	11.48	0.003	同上		内钾化带

注: 笔者采样选点, 中国地质科学院矿床所探针室测试

减少而 Na_2O 明显增加。钾长石的成分^[6]亦显示 $\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O}$ 比值增加的特征。中粒花岗岩中钾长石含量的明显减少以及岩石和矿物成分上都反映出的 $\text{Na}_2\text{O}/(\text{K}_2\text{O} + \text{CaO})$ 比值增加的特征,说明早期碱交代作用是以钠化为主的。

5. 在稀土元素组成上(表4、图1),与似斑状中粗粒黑云母花岗岩截然不同,中粒花岗岩的REE球粒陨石标准化曲线和红色、灰红色细晶岩脉,钾微斜长石化岩(红长石化岩)及内钾化带岩的相应曲线十分相近,呈由左向右向上的斜坡型。根据西华山钨矿、冶金部地质研究所,中国科学院地球化学研究所等五个单位的研究^①,西华山花岗岩中的稀土元素,有30%左右存在于重砂稀土矿物中,40%左右呈细小矿物包裹体或连生体形式存在,30%左右呈类质同象状态分布于常见矿物中。因此,稀土元素的配分情况,主要是由稀土矿物决定的。似斑状中粗粒黑云母花岗岩中的稀土矿物以独居石为特征,中粒花岗岩中的稀土矿物以硅铍钇矿、氟碳钙钇矿为特征。前者之 $\Sigma\text{Ce}_2\text{O}_3:\Sigma\text{Y}_2\text{O}_3=8:1-10:1$,属选择轻稀土分配型矿物,而后二者之 $\Sigma\text{Ce}_2\text{O}_3:\Sigma\text{Y}_2\text{O}_3$ 分别为1:3和1:8,属选择重稀土分配型矿物。因此,上述中粒花岗岩由左至右向上斜坡型的REE球粒陨石标准化曲线形式,就可以解释了。

表4 西华山一些岩石的稀土元素组成(ppm)

Table 4. REE contents of some rocks from Xihuashan (in ppm)

编 号 元 素	1	2	3	4	5	6	7	8
La	27.84	32.21	6.96	7.19	4.70	8.78	6.18	4.30
Ce	57.53	63.03	18.36	20.63	12.91	19.63	13.89	13.24
Pr	7.12	7.67	3.05	2.64	2.08	2.13		2.46
Nd	25.55	27.43	10.95	12.10	10.95	9.06	10.13	13.48
Sm	7.75	7.77	8.42	7.37	7.66	5.33	7.34	8.77
Eu	0.50	0.87	0.17	0.16	0.21	0.16		0.21
Gd	8.19	8.36	13.53	12.15	12.19	7.97	14.08	14.33
Tb	1.69	1.93	3.59	2.77	2.95	1.75		3.59
Dy	10.61	11.50	23.76	19.90	20.69	12.03	23.67	23.61
Ho	2.39	2.54	5.68	4.83	4.94	2.64		5.60
Er	7.29	7.50	16.93	14.21	14.74	7.62		15.11
Tm	1.22	1.21	2.96	2.48	2.71	1.41		2.93
Yb	8.82	8.28	21.04	15.61	17.63	9.44	22.61	19.16
Lu	1.34	1.26	3.14	2.27	2.59	1.39		3.08

注:笔者采样,中国地质科学院测试所测试。岩性及采样位置见图1注

根据地质科学院原地质矿产所等单位的研究^②,独居石几乎都包在云母类矿物中,而硅铍钇矿、氟碳钙钇矿等则与石英、长石、萤石、石榴石等有关。另外,镜下可见(在白云母化过程中)独居石有由颗粒中心向颗粒边部移动且放射晕圈渐趋消失之现象。因此,可以认为,在早期碱交代作用过程中,有发生轻、重稀土元素分馏之可能。

6. 从矿物结构上看,似斑状中粗粒黑云母花岗岩中的斜长石多为更一中长石并常具环

① 西华山钨矿等1969年有关工作报告

② 地质科学研究院地质矿产研究所等1974年资料

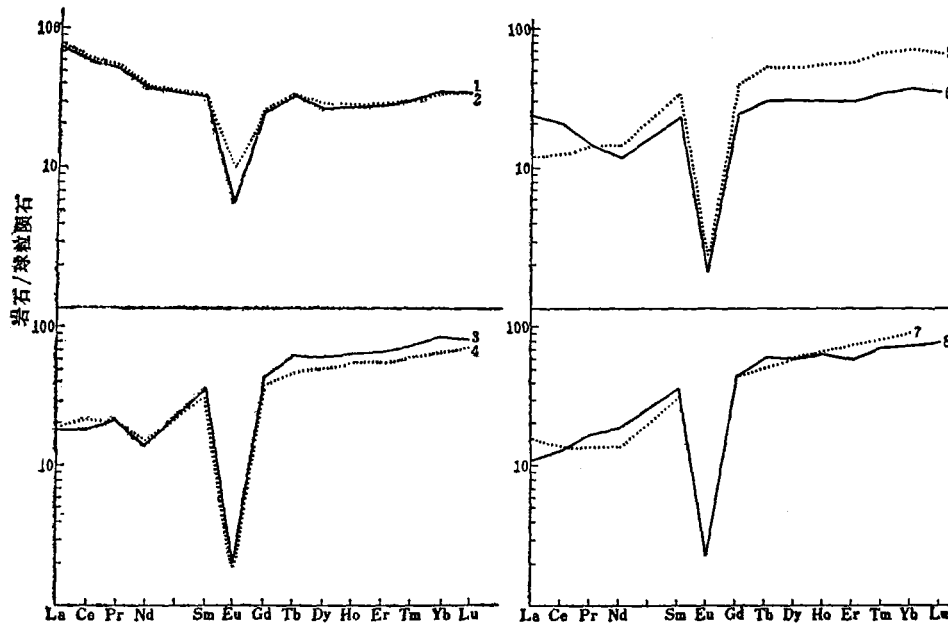


图 1 似斑状中粗粒黑云母花岗岩(γ_5^{2a})、中细粒黑云母花岗岩(γ_5^{2b})、细晶岩、红长石化岩及内钾化带岩石的REE球粒陨石标准化曲线

1— γ_5^{2a} (牛孜石民窿); 2— γ_5^{2a} (594中段514石门); 3— γ_5^{2b} (西部7125钻孔岩心); 4— γ_5^{2b} (632中段195号脉旁); 5—灰红色细晶岩(431中段708线758号脉旁); 6—红色细晶岩(样品产地同5); 7—内钾化带(594中段91号脉天井); 8—红长石化岩(431中段中巷北)

Fig. 1. Chondrite-normalized REE patterns of porphyritoid coarse- and medium-grained biotite granite (γ_5^{2a}), medium- and fine-grained biotite granite (γ_5^{2b}), aplite, red-feldspathized rock and rocks of inner potash alteration zone.

1— γ_5^{2a} ; 2— γ_5^{2a} ; 3— γ_5^{2b} ; 4— γ_5^{2b} ; 5—Greyish red aplite; 6—Red aplite; 7—Inner potash alteration zone; 8—Red-feldspathized rock.

带。其中含黑云母团块较多的深色似斑状中粗粒花岗岩中的斜长石多具反环带, 含黑云母团块较少的浅色似斑状中粗粒花岗岩中的斜长石多具正环带(表3); 中粒花岗岩中的斜长石多为钠长石。似斑状中粗粒黑云母花岗岩中的钾长石多为条纹长石和微纹长石, 微斜长石较少; 而中粒花岗岩中的钾长石多为微斜长石, 其中之钠长石条纹变粗且不规则有独立成钠长石矿物之趋势。二者之有序度差别不大, 多为0.8—0.9(红外有序度), 但中国科学院地球化学研究所曾在似斑状中粗粒花岗岩中见有无序的正长石^[5]。因而, 在早期碱交代作用过程中曾有有序化作用是可能的。

荡坪中细粒花岗岩的各项特征介于似斑状中粗粒黑云母花岗岩和中粒花岗岩之间^[6]。

早期碱交代作用是在岩浆晚期相对封闭(指构造封闭)条件下进行的。观察表明, 这种作用的程度与岩浆侵位的深浅及封闭条件有关。岩浆侵位越浅, 构造越封闭, 碱质热流体渗透及聚集交代的程度越高。

2. 晚期碱交代作用

这种碱交代作用是开放式地呈线型存在于矿脉或裂隙两旁。在西华山主要表现为红长石化(不含水矿物)和云英岩化(含水矿物)。红长石化作用主要是钾微斜长石化作用并伴随

钠长石独立相的分出及铁、稀土元素的高价氧化物出现。钾长石结构更趋有序,多在0.9以上(红外有序度)。较之似斑状中粗粒黑云母花岗岩和中粒花岗岩中的钾长石,其 K_2O/Na_2O 比值明显增高^[7];斜长石皆为 $Na_2O/(CaO+Na_2O)$ 比值极高之钠长石(表3)。云英岩主要的矿物则是不同比例的白云母、石英及少量萤石等。在空间上,沿脉向上及由脉壁向围岩钾微斜长石化岩和云英岩是分离的。晚期交代岩主要的稀土矿物是褐钇铀矿、黑稀金矿、氟碳铈钍矿和磷钇矿,它们均属选择重稀土分配型。因而晚期交代岩的BEE球粒陨石标准化曲线呈现与早期交代岩完全类似的向右上斜坡型,而与似斑状中粗粒黑云母花岗岩截然不同(表4,图1)。

钾微斜长石化(俗称红长石化)的岩石呈红色,是开放式的线型的晚期碱交代作用的重要特征。过去曾有文献认为钾微斜长石化是面型的碱交代作用,而未将其与真正的面型交代作用加以区分。笔者对钾微斜长石化的分布情况做过较详细观察,发现西华山的钾微斜长石化都呈线型。在裂隙和矿脉发育之处,钾微斜长石化可以彼此相连,容易给人造成面型蚀变之错觉(如西华山岩体之中部)。但在裂隙或矿脉稀疏之处(如西华山岩体之深部),其呈团块状围绕裂隙或矿脉云集,表现出与周围岩石明显的不协调。

尽管晚期碱交代作用是线型的,但这种作用整体上却又受岩体形态控制。综观全部矿脉,靠近岩体顶部和边部是云英岩发育区,在岩体下部和深部是钾微斜长石化岩发育区。因而,流体在达蚀变裂隙旁的围岩之前,曾先有一个沿裂隙向岩体顶部运动并发生碱质和挥发分分离的过程。西华山脉旁蚀变的总格局显示上部云英岩开口向上,下部钾微斜长石化岩开口向下的特点^[2]。在接触带上的脉旁蚀变也显示上部开口向上,下部开口向下,并随着脉幅的增大沿脉向上云英岩化增强的特点^[7]。云英岩化和钾微斜长石化尽管空间上不在一起但却总是形影相随。上述事实说明,尽管云英岩可以晚于钾微斜长石化岩形成,但粒间碱质热流体向裂隙汇聚导致的沿裂隙向上碱质和挥发分的分离基本上是同时发生的。

晚期碱交代作用是在岩浆后期一期后相对开放的条件下去进行的。它以钾化为特征,在时间上晚于以钠化为特征的早期碱交代作用。裂隙发生处导致粒间流体和围岩的不平衡而出现晚期碱交代岩;无裂隙发生处粒间流体继续在平衡条件下结晶,导致形成早期碱交代岩。

二、碱交代作用与钨矿化的关系

岩浆分异的程度决定了早期碱交代作用的程度,而早期碱交代作用的程度则决定了晚期碱交代作用的程度和钨、锡、铋、钼等元素的矿化类型。观察表明,随着地质环境的变化,岩浆组合、早期碱交代岩组合、晚期碱交代岩组合和矿床元素类型组合有相关演化的现象。例如,在赣南隆起带,区域上有大片花岗岩发育,岩体周围出露的地层多为寒武系及其以前的老地层,奥陶系、泥盆系仅零星出现,与成矿有关的花岗岩主要为黑云母花岗岩和二长花岗岩,细粒花岗岩及伴生之似伟晶岩常在岩体内部出现(如西华山、黄沙),细粒花岗岩常含石榴石,而挥发分矿物锂白云母、锂云母、电气石等相对较少;早期碱交代作用主要为较弱的钠长石化和白云母化,分相不甚明显,似伟晶岩壳中石英相不发育;细晶岩主要为蓝色、灰色和红色,钠化不显著;晚期碱交代作用主要以钾化为主;相应地矿化元素类型主要为钨、铋、钼、铌,矿种相对不很复杂。而湘南处于隆起带向凹陷带的过渡带,区域上为小片

岩基、大量岩瘤出露的地带,周围出露的地层主要是泥盆系、石炭系及少量二叠系、侏罗系,寒武系前的老地层仅在岛状穹窿零星出露。该区花岗岩主要为黑云母花岗岩和二云母花岗岩,细粒花岗岩向顶部和边部推进并与沉积围岩直接接触,其岩性主要是二云母花岗岩和白云母花岗岩,石榴石大为减少并出现电气石花岗岩甚至黄玉流纹岩(香花岭岩)等富含挥发分矿物的细粒岩石;似伟晶岩壳中出现了石英相,有的还含有辉钼矿、黑钨矿等矿物;细晶岩多为白色并明显钠长石化,其中常有浸染状钨、锡、铋、钼矿化;有关的碱交代作用钠长石化很发育,并出现锂云母化,钾、钠、锂带分相明显;相应地矿化作用有向锡、钨、铋、钼及多金属演化之趋势,矿种也变得更加复杂。与一个北东向延展的花岗岩基顶部不同突起有关的赣南西华山—木梓园—大龙山矿带^①,以及湘南骑田岭岩体北南两端的新田岭钨矿和安源锡矿也有完全类似的变化^②。甚至即使在一个矿区,如西华山矿区^③,也反映出随着岩体向南西的侧伏,细粒花岗岩和钾微斜长石化向岩体边部推进。岩体中的碱交代作用特别是钠长石化增强,脉旁内钾化带消失,矿脉由长石石英脉向云母石英脉发展且出现了岩体外的矿脉。相应地矿化元素类型由钨、钼向钨、锡变化。上述各空间范围内的岩浆作用、碱交代作用和成矿作用相关演化的现象,可以做为找寻不同类型金属矿床的重要依据。

在西华山,钨矿化分布于岩株顶部的突起部分,矿山人员形象地称之为“西瓜皮”。矿山的采掘和钻探工作,一般都不超过这个矿化区。观察表明,矿化区内的花岗岩,都程度不同地遭受了早期碱交代作用,因此在矿区找一块比较新鲜的原岩是相当困难的。笔者在矿山人员协助下,采得西华山矿区西北深部5263钻孔岩心和矿区西部深部7125钻孔岩心以及荡坪东北部2405钻孔岩心。镜下观察表明,这三块岩心是受早期碱交代较弱的中粒或中细粒花岗岩。分析表明(表5),其含钨量(小于5ppm)大大低于矿化区上部花岗岩的含钨量(42—54ppm)。因此,看来钨含量的多少似乎并不受早期碱交代作用的控制。分析还表明,矿化区内的细粒花岗岩含钨较高,可达20—60ppm,而矿化区外的细粒花岗岩却含钨很低,常在1ppm以下。看来钨含量的多少似乎并不受岩性特别是细粒花岗岩的控制。

观察表明,钾微斜长石化岩中的钨矿化并不一定差。在431中段的石英分泌核中⁽¹⁾,黑钨矿就集中在石英核外的钾微斜长石化岩石圈中;在431中段522E589号脉旁以及594中段509线195N1号脉旁的钾微斜长石化岩中,都有大量的可见黑钨矿;在经常可见的内钾化带^④中,如594中段91号脉的天井东壁,59N1号脉和62N1号脉旁,538中段195N1号脉旁等,几乎都见有大量黑钨矿富集。分析表明,钾微斜长石化岩石的钨含量并不一定低,且与其在岩体中的部位有关。在矿化区上部的钾微斜长石化岩中钨含量可高达190ppm,在矿化区下部的钾微斜长石化岩中其钨含量可低至1—2ppm。总的趋势是由上向下钾微斜长石化岩中的钨含量降低,和由上向下脉中的矿化趋势一致。在同一水平面上,红长石化岩中的钨含量一般要比围岩低一些。但有时却也高出很多。看来钨含量也不受晚期碱交代作用控制。上述种种事实都说明,钨在岩浆阶段,恐怕已运移到岩体的顶部和边部了。

西华山黑钨矿石英脉都向下尖灭于中粒浅色花岗岩中。观察表明,蚀变及矿化均不受岩

① 赫英(1983年)“西华山—大龙山花岗岩和金属成矿作用”
② 赫英(1985年)“赣、湘南细粒花岗岩及其找矿意义”
③ 赫英(1981年)“西华山钨矿有关成因的几个问题”
④ 赫英(1981年)“西华山钨矿有关成因的几个问题”

表 5 一些岩石的钨含量(ppm)
Table 5. Tungsten content of some rocks (in ppm)

岩 性	钨含量 (ppm)	位 置	备 注
似斑状中粗粒黑云母花岗岩	45	牛孜石民窿	矿化区边部
中粒花岗岩	54	西华山720中段正巷299号脉南	矿化区上部
	42	西华山632中段正巷195号脉北	矿化区中上部
	4—5	5263钻孔	西华山矿区西北深部矿化区外
	<1	7125钻孔	西华山矿区西部深部矿化区外
中细粒黑云母花岗岩	<1	2405钻孔	荡坪矿区东北深部矿化区外
细粒花岗岩	20	西华山594中段432号脉旁	矿化区内, 中上部
	60	西华山538中段135号脉旁	矿化区内, 中部
细粒花岗岩	<1	西华山7125钻孔	西华山矿区西部深部, 矿化区外
	<1	荡坪2405钻孔	荡坪矿区东北深部, 矿化区外
似伟晶岩壳	26	西华山632中段东	
灰色细晶岩	46	西华山431中段 西北758号脉旁	矿化区内
红色细晶岩	1880	同 上	含少量可见黑钨矿
钾微斜长石化岩	190	西华山720中段正巷299号脉旁	矿化区上部
云英岩	210	同 上	同上
钾微斜长石化岩	160	西华山594中段91号脉天井	矿化区中部
脉旁内钾化带	>5000	同 上	根据带内所见可见黑钨矿估计
钾微斜长石化岩	>2000	西华山431中段522E589号脉旁	同 上
	>2000	西华山594中段509线195N ₁ 号脉旁	同 上
	19	西华山538中段正巷299号脉旁	矿化区中下部
硅化岩	11	同 上	同 上
钾微斜长石化岩	1—2	西华山中段正巷北299号脉旁	矿化区之下
	2—3	西华山中段正巷北195号脉旁	矿化区之下

注: 笔者采样, 中国地质科学院测试所测试, 精度<1ppm

性控制而只与岩体形态有关；尽管似斑状中粗粒黑云母花岗岩中也赋存有矿脉，但矿化主要受中粒浅色花岗岩和似斑状中粗粒黑云母花岗岩接触面控制，而不是受似斑状中粗粒黑云母花岗岩和浅变质围岩接触面控制；二者中矿脉的结构面力学性质基本相同而与区域构造裂隙性质一致；没有发现似斑状中粗粒黑云母花岗岩切割中粒浅色花岗岩中矿脉的现象；在浅变质围岩和中粒花岗岩之间存在有似斑状中粗粒黑云母花岗岩时，浅变质围岩中从未见有矿脉出现等等。这些事实说明似斑状中粗粒黑云母花岗岩是作为矿化作用盖层出现的，钨矿化在成因上主要与中粒浅色花岗岩有关。观察还表明，尽管细晶岩中有时可以出现浸染状矿化，但大量矿化作用都伴随有钾微斜长石化作用及云英岩化作用，有的细晶岩经晚期碱交代后变成了含钨石英脉^[1]，特别是脉旁内钾化带中几乎都含有大量可见黑钨矿，这些都说明尽管碱交代作用和钨矿化之间确有密切联系之现象，但富含矿质、碱质和挥发分的流体在对围岩产生碱交代之前已经在岩浆阶段向顶部有过运移，真正的、本质的成矿作用仍是岩浆。

主要参考文献

- [1] 郭文魁 1983 西华山钨矿床的金属矿化作用 矿床地质 第2期
- [2] 胡受奚 季寿元 1962 南岭钨矿田中钨锰铁矿-石英脉旁围岩蚀变研究 地质学报 第2期
- [3] 南京大学地质学系 1981 《华南不同时代花岗岩类及其与成矿关系》 科学出版社
- [4] 杜乐天 1983 碱交代成矿作用的地球化学共性和归类 矿床地质 第2期
- [5] 中国科学院地球化学研究所 1979 《华南花岗岩类地球化学》 科学出版社
- [6] 赫英 1985 关于西华山花岗岩株成岩阶段划分问题的几点看法 地质论评 第2期
- [7] 赫英 1985 西华山钨矿红长石化蚀变主要特征 矿床地质 第1期
- [8] Geological Society of China, 1963, Change of chemical composition of uniform ore-bearing solution. Symposium Problems of Postmagmatic Ore Deposition, Vol. I, pp. 109—111.

THE RELATIONSHIP OF ALKALINE METASOMATISM TO TUNGSTEN METALLIZATION IN XIHUASHAN, JIANGXI PROVINCE

He Ying

(Department of Geology, Northwest University, Xian, Shaanxi Province)

Abstract

The alkaline metasomatism in Xihuashan may be divided into two major types:

1. Early stage alkaline metasomatism It occurs in the granite in closed and planar forms and is characterized by alkaline feldspathization and muscovitization. Alkaline feldspar and muscovite are spatially linked up with each other, and seem to have been formed almost simultaneously. As a result, the granite has been leucocratized and garnetized.

Of all the granites in Xihuashan, the leucogranite seems a product of the early stage alkaline metasomatism, whose REE pattern exhibits a leftward declined curve with a strong negative Eu anomaly, similar to REE patterns of aplite, red feldspathized rock and inner-microclinized rock (Fig.1), suggesting the effect of alkaline metasomatism.

2. Late stage alkaline metasomatism It occurs alongside the veins in open and linear forms and is represented by red-feldspathization and greisenization which are separate in space but contemporaneous in time. The comparison between south mine and north mine of Xihuashan tungsten deposit, between the Xihuashan and the Dalongshan deposit and between deposits in southern Jiangxi and those in southern Hunan shows that, with the changes in geological environment, such geological parameters as magma association, assemblage of early stage alkaline metasomatized rocks, assemblage of late stage alkaline metasomatized rocks and ore association display correlative evolution.

The tungsten content of some rocks in Xihuashan (Table 5) furnishes some special information for the relationship between alkaline metasomatism and tungsten mineralization.

1. The granite at depth, having experienced only slight metasomatism by the early stage alkaline metasomatism, contains <5 ppm tungsten while the granite in upper part of the stock, which underwent intense metasomatism by the early stage alkaline metasomatism, contains 42—54 ppm.

2. The fine-grained granite in the upper part of the stock possesses 20—60 ppm tungsten, whereas that at depth <1 ppm.

3. From top to bottom, the W content in red-feldspathized rocks gradually decreases from 190 ppm to 1.2 ppm. Wolframite occurs sporadically in red-feldspathized rocks at the upper part of the stock and ubiquitously in inner-microclinized rocks.

All the above facts point to a conclusion that the tungsten had migrated and concentrated at the cupola before alkaline metasomatism. Therefore, although there might exist some relationships between alkaline metasomatism and tungsten mineralization, magmatism must have played a dominant part in tungsten concentration.