

问题
讨论

关于“碱质交代成矿模式”的几点看法

赫 英

(西北大学 地质系)

胡受奚教授等, 主要根据对华南与钨锡矿床有关的花岗岩特别是西华山花岗岩体的研究, 提出了“碱质交代成矿模式”^①。他们认为, 花岗岩的交代蚀变过程, “是以钾交代为主导, 由强基(K)向较弱的基(Li)或氢交代的发展过程”, 与其有关的钨锡矿床成矿过程, 表现为“在时间上从早到晚, 空间上自下而上, 从碱质交代转移浸出带→蚀变交代转移富集带”的过程; “矿脉及其两旁岩石中的钨、锡、钼、铋等造矿元素的含量, 是随着碱性长石化加强和云英岩化减弱而变贫”; 蚀变交代时间上由早到晚, 在空间上由下到上, 由钾长石化→钠长石化→云英岩化, 而钾长石化带的下部“是各种成矿元素的活化转移带, 成为成矿物质来源的‘基地’”。这一理论及国外与其相近的“蚀变花岗岩成矿理论”^②, 引起了岩石学和矿床学界的重视, 推动了成岩和成矿理论的研究和发展。笔者近十年来, 对南岭和北秦岭一些与花岗岩和斑岩有关的矿床特别是西华山钨矿进行了一些观察和研究。在反复的比较研究实践中注意到一些地质事实似乎与“碱质交代成矿模式”不符, 现主要以西华山为例做一些探讨。

一、花 岗 岩

因为讨论的是与西华山花岗岩有关的“碱质交代成矿模式”, 而矿脉的下部和根部(其旁发育广泛而强烈的红长石化)几乎无例外地都在中细粒花岗岩之内(胡受奚教授等设想的西华山成矿模式图也反映这一点)^③, 所以我们必须首先讨论花岗岩, 特别是其中的中细粒花岗岩。

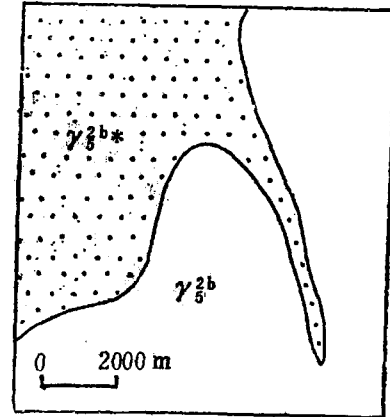
关于西华山花岗岩岩体成岩阶段划分问题, 笔者曾在1985年初发表文章讨论^④。文中指出, 西华山花岗岩岩体“各期”岩体是一次岩浆结晶分异演化不同阶段的产物, 其形成顺序应为 γ_s^{2a} (似斑状中粒黑云母花岗岩)→ γ_s^{2c} (中细粒黑云母花岗岩)→ γ_s^{2b} (中细粒花岗岩), 形成时间相互是“十分相近的”。此后, 李亿斗^⑤及徐克勤等^⑥的工作, 也得出了类似的结论。

有些花岗岩的蚀变是很难辨认的。但仔细的观察和研究表明, 中细粒花岗岩(γ_s^{2b})实为钠长石化的蚀变交代花岗岩。几乎所有去过西华山的人都会注意到, 斑状细粒花岗岩分布于中细粒花岗岩的项部和边部, 并且有岩枝穿入似斑状中粒黑云母花岗岩和中细粒花岗岩中(图1)。镜下观察, 斑状细粒花岗岩中不同程度地残存有先成岩石的斑晶和基质矿物, 它们常被新生的细粒矿物(他形石英、钠长石等)熔蚀、穿孔和分割。不管认为它是前峰花岗岩也好^⑦, 附加侵入体也好^⑧, 中细粒花岗岩的边缘相也好^⑨以及残余岩浆也好^⑩, 认为它的形成应在似斑状中粒黑云母花岗岩之后。而图1所示的接触关系, 显示斑状细粒花岗岩比中细粒花岗岩还晚。K-Ar同位素年龄的比较表明^⑪, 似斑状中粒黑云母花岗岩的数据, 一般在155Ma以上, 平均在160Ma左右; 中细粒花岗岩的数据, 一般在155Ma以下, 平均在150Ma左右; 分布于中细粒花

① 胡受奚等, 1972, 花岗岩化和碱质交代过程中活化转移作用对稀有元素矿床形成的意义, 南京大学地质科技
② 江西地质科技: 1986年江西省科研工作总结, 1987, No.1
③ 赫英: 西华山钨矿有关成因的几个问题, 1981
④ 据北京三所、宜昌所、江西所及北京大学等单位资料, 见《全国同位素年龄数据汇编》1、2、3、4集

图 1 斑状细粒花岗岩 (γ_s^{2b*}) 侵入中细粒花岗岩 (γ_s^{2b}) 中 (431中段)

Fig.1. Sketch showing the intrusion of porphyritic fine-grained granite (γ_s^{2b*}) into medium-fined grained granite (γ_s^{2b}) (at 431 level).



岩顶部和边部的斑状细粒花岗岩有两个数据,分别为166.5Ma和158Ma,明显地更接近似斑状中粒黑云母花岗岩而与中细粒花岗岩相差较远。但斑状细粒花岗岩与似斑状中粒黑云母花岗岩之间界限清楚并常以伟晶岩壳相隔,与中细粒花岗岩之间界限不清楚且常呈不规则脉状穿入其中,因而上述中细粒花岗岩的K-Ar年龄,只能是蚀变年龄。稳定同位素的研究表明^①,似斑状中粒黑云母花岗岩、分布于中细粒花岗岩顶部和边部的斑状细粒花岗岩和中细粒花岗岩的数据分别为, $\delta^{18}O_{\text{全岩}}$:有11.35、11.77、12.46; $\delta^{18}O_{\text{石英}}$: 13.11、12.54、13.47; $\delta D_{\text{石英}}$ 为-53、-61、-72,亦显示斑状细粒花岗岩与似斑状黑云母花岗岩更为接近且在二者 (γ_s^{2a} 、 γ_s^{2b}) 之间的特点。电子探针分析也表明斑状细粒花岗岩中有两种斜长石,前者成分与似斑状黑云母花岗岩中的相近,而后者成分与中细粒花岗岩中的类似,但CaO/(CaO + Na₂O)比值偏高(表1,并请与文[5]比较)。特别是有照片表示出,中细粒花岗岩中有钾钠长石细脉穿入斑状细粒花岗岩中,这一现象最可能的

表 1 斑状细粒花岗岩中的斜长石成分 (%)

Table 1. Composition of plagioclase in porphyritic fine-grained granite (in percentage).

成分 颗粒	Na ₂ O	CaO	$\frac{CaO}{CaO + Na_2O}$	成分 颗粒	Na ₂ O	CaO	$\frac{CaO}{CaO + Na_2O}$
1	4.2	0.76	0.15	3	5.06	1.82	0.26
2	4.5	2.2	0.33	4	6.32	12.27	0.66

注: 样品采自7125钻孔岩心,余同文[5]

解释是岩浆后期的蚀变交代作用。电子探针的研究还表明,中细粒花岗岩中的矿物由边部到中心其成分是很均一的,和新鲜未蚀变的似斑状中粒黑云母花岗岩中矿物成分的带状变化截然不同,这显然是岩浆后期熔体-溶液均一化作用的结果。

镜下观察表明(图2、3),和似斑状中粒黑云母花岗岩相比,中细粒花岗岩中的斑晶明显减少和分解(图3左上方),岩石由似斑状结构变为等粒结构;斜长石的环带绝大多数消失而代之以钠长石和更钠长石;钾长石多为微斜长石,条纹长石明显地减少了,条纹长石中的钠长石条纹变粗且不规则,个别分离出成独立的钠长石;黑云母析出钛、铁以至有的变为白云母。在岩石及矿物成分上⁽⁴⁾,中细粒花岗岩中的钠含量有比较明显的增加。这些事实以及其它的岩石、矿物和地球化学证据⁽⁵⁾都表明中细粒花岗岩实为一种钠长石

① 据北京大学黄复生、穆治国老师资料

化花岗岩。

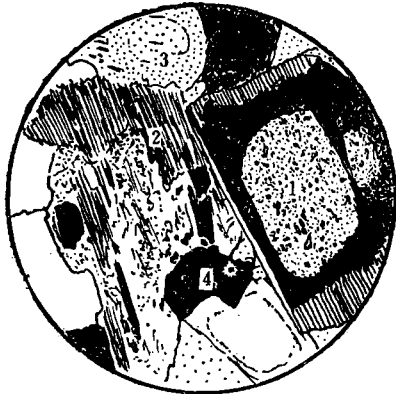


图 2 似斑状中粗粒黑云母花岗岩 (γ_5^{2a})
(594中段514石门旁, $\times 56$)

1—斜长石; 2—黑云母; 3—钾长石; 4—石英



图 3 中细粒花岗岩 (γ_5^{2b}) (5263钻
孔岩心, $\times 56$)

1—钾长石; 2—石英; 3—更钠长石; 4—钠长石; 5—黑云母

正如胡受奚教授等在有关西华山的碱质交代成矿模式中⁽³⁾所表示的, 西华山岩体下部“碱质交代转移浸出带”的钾长石化是以红长石化为代表的。红长石化作用主要是微斜长石化作用并伴随钠长石独立相的分出及铁、稀土元素高价氧化物微粒的出现⁽⁶⁾。强烈的红长石化出现于各中段的矿脉根部区附近。在431中段的5号溜矿井和9号溜井之间的2号竖井旁最为发育。在那里, 矿脉根部旁的强烈红长石化与钠长石化花岗岩 (γ_5^{2b}) 之间呈现明显的不协调。由6号溜矿井向北, 红长石化渐弱, 至7号溜矿井以北, 即向岩体更深处, 逐渐消失。另外, 在西华山的各个中段, 常可见到一些矿脉空白区。如632中段正巷523号脉—6号脉之间, 483中段正巷100N₁号脉—195号脉之间以及378中段正巷263号脉—414号脉之间等区段均极少有矿脉出现(图4)。综合各中段从三维角度观察并考虑到矿脉的贫富情况及分带特征, 这可能反映空白区上部

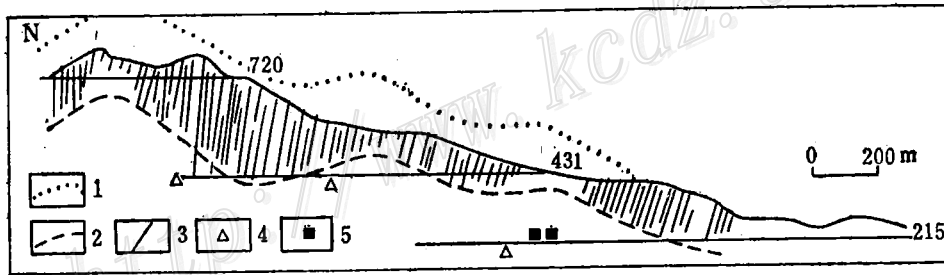


图 4 西华山矿脉和蚀变的展布特征

1—可能的岩体顶部起伏形态; 2—红长石化岩界限; 3—矿脉; 4—溜矿井 (自左至右分别为7、5、4号); 5—钠长石化岩发育区

Fig.4. Sketch section showing the distribution of ore veins and alterations in Xihuashan.

1—Probable top boundary of the granite body before erosion; 2—Boundary of red-feldspathized rocks; 3—Ore vein; 4—Ore pass; 5—Albitization zone.

岩体顶部有小的突起, 所以空白区是矿脉根部区以下无矿区的反映。在空白区红长石化极不发育, 可见红长石化向岩体深部没有扩大。因此, 红长石化是伴随裂隙和矿脉而出现的局部现象, 在时间上晚于呈面型出现的钠长石化花岗岩——中细粒花岗岩 (γ_5^{2b})。

综上所述,西华山的交代蚀变从时间上讲钠长石化早于钾长石化(红长石化),花岗岩成矿的交代蚀变作用“以钾交代为主导”的说法,值得研究。

二、蚀 变

215中段是西华山最低的一个中段。根据岩体顶面估计的倾伏角(约 25°)、蚀变发育区向下变窄的情况、中段高差及水平距离计算,其4号溜矿井位置,应比431中段正巷5—7号溜矿井所在位置(即强烈红长石化发育区)更趋岩体深部(图4)。但在215中段的4号溜矿井附近,我们看到的是强烈白色团状钠长石化岩(图5),而向外,即向岩体边部的方向,有团状红长石化岩出现。值得注意的是,在431中段正巷由5号溜矿井到7号溜矿井(即向岩体深部的方向),以及沿一条矿脉由上至下,亦有由钾长石化(红色)向钾钠长石化(粉红色)直至钠长石化(白色)之演变(表2)。根据钠长石化岩中经常可见的钾长石交代残余以及团状红长石化岩中沿裂隙或矿脉旁分布的钠长石化及其交代、穿插红长石化岩的现象(431中段5号溜矿井旁195脉之根部,431中段522E 589号脉旁以及594中段709线195N₁号脉旁等),这种受裂隙控制的团状钠长石化岩比红长石化岩形成要晚。因此,空间上在钾长石化带的下部,还有在时间上更晚的钠长石化带出现。

在强烈的红长石化岩发育区,常有产状较缓的似伟晶岩长石脉出现。观察表明,这种似伟晶岩脉总是切过石英脉,在切过处出现大片广泛而强烈的可切过石英脉的红长石化。被似伟晶岩脉切过的石英脉在似伟晶岩上方之两旁有红长石化分布,而在似伟晶岩下方就没有,因而红长石化比石英脉在时间上晚是无疑的。这种红长石化岩中经常也有石英细脉出现,二者与附近的矿脉根部及有关的强烈红长石化岩并无不同,有时甚至可以相联,它们完全是同一环境的产物,因而形成较晚。

在强烈红长石化岩发育区的上方,即矿脉接近根部区附近、矿脉中常有似伟晶岩出现,并向上递变为石英-长石脉直至长石石英脉。这些似伟晶岩和石英长石脉与中细粒花岗岩顶部与边部和细粒花岗岩伴生的似伟晶岩壳、似伟晶岩团块截然不同,它们是红长石化作用的结果,在时间上形成较晚。

K-Ar 同位素年龄数据表明,云英岩的年龄,一般在145—154Ma之间,而矿脉下部的似伟晶岩或石英-长石脉,都较晚(三个数据分别为76、81和

102Ma)。有意义的是,岩体下部凡是有似伟晶岩脉或石英-长石脉和石英脉相交处,一般多是后者被前者切割^[1]。而在矿脉之间的穿切关系中,一般也是长石较多的形成稍晚。可见,时间上由早到晚,空间上自上而下,矿脉下部似乎是按石英脉→长石-石英脉→石英-长石脉→似伟晶岩→红长石化岩的顺序发育的。

西华山脉中矿物的演化顺序,时间上由早到晚表现为硅酸盐→氧化物→硫化物→碳酸盐的顺序。但沿脉向下,分带表现为铍(锡)→钨→钼→硫化物→碳酸盐的逆向分带特征,接近矿脉根部区,脉中常出现大量萤石和方解石。

矿脉根部裂隙具典型的张性追踪特点,与矿脉中上部的扭性、压扭性特点截然不同^[1,2]。根据李亿斗、盛继福等的研究,在蚀变岩石中,西华山的液相包体主要赋存于钾长石化岩石中,其均一温度变化范围为110—320℃。在其它蚀变岩石中则常见含液相CO₂气液三相包裹体、气液两相包裹体及气相包裹体,其均一温度变化范围分别为210—350℃、210—340℃和240—360℃。亦反映红长石化岩形成较晚的特点。

综上所述,矿脉根部旁的红长石化岩是矿脉退缩发育过程的结果,在时间上形成是较晚的。空间上在



图5 团状钠长石化岩
(215中段4号溜矿井旁, ×56)
1—钠长石; 2—钾长石; 3—石英

表 2 沿脉向下及向岩体深部红长石化岩的成分变化 (wt.%)

Table 2. Variation in chemical composition red-feldspathized rocks downward along the ore vein and northward along the trunk tunnel at 431 level (wt.%)

序号	成分								
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	TiO ₂	P ₂ O ₅	MnO	MgO	CaO
1	76.33	12.29	0.24	1.03	0.02	0.013	0.07	0.03	0.54
2	76.25	12.54	0.15	0.71	0.02	0.016	0.07	0.05	0.62
3	70.47	16.36	0.02	0.46	0.014	0.015	0.02	0.01	0.75
4	68.16	16.75	0.08	0.39	0.016	0.009	0.06	0.01	0.79

序号	成分								位置
	K ₂ O	Na ₂ O	SO ₃	H ₂ O ⁺	CO ₂	F	W		
1	4.60	3.50	0.14	0.19	0.16	0.22	0.019		720-299
2	4.35	4.42	0.082	0.25	0.36	0.10	0.0011		538-299
3	3.78	6.40	0.09	0.75	0.25	0.12	0.00012		431-299
4	8.08	4.93	0.00	0.14	0.47	0.16	0.00026		431-195

注：195号脉在5号溜矿井和6号溜矿井之间，299号脉在7号溜矿井旁，参照图2

笔者采样，中国地质科学院测试所测试，常量元素为化学分析钨含量为催化极谱分析

红长石化岩发育区之下，还有时间上更晚的团状钠长石化岩出现。这显然不符合胡受奚教授等所述的交代蚀变在时间和空间上的发育规律。同时，既然矿脉根部旁的红长石化在时间上形成较晚，那末它做为“碱质交代转移浸出带”的意义就不太好理解了。因为矿脉上部的形成在根部红长石化之前，而后的浸出在后，不符合由“碱质交代转移浸出带→蚀变交代转移富集带”的发展顺序。

三、矿化

大量的事实表明，红长石化和云英岩化总是形影相随。开放度较差的小脉、窄脉，其脉旁蚀变常成典型的沙钟状，并常有内钾化带出现；开放度较好的宽脉，其脉旁蚀变常成高脚杯状，云英岩集中于上部，而红长石化岩在根部区发育⁽⁶⁾。对于封闭裂隙，则云英岩集中于裂隙，而红长石化岩分布于蚀变之外圈⁽¹⁾。观察还表明，云英岩发育区中的红长石化岩中可以有较高的钨含量并常见可见浸染状黑钨矿（如720中段299号脉旁，594中段195N₁号脉旁、431中段589号脉旁），而红长石化岩发育区中的团状云英岩则矿化很差（如431中段4号溜矿井以北偶见的团状云英岩）。这些都说明红长石化与云英岩化是岩浆后期熔体-溶液中同时分出的两部分，尽管二者的沉淀可能有先后。

观察表明，并不一定云英岩化越强钨越富，红长石化越强钨越贫。西华山岩体顶部的云英岩化最强，但钨的品位一般也就在0.5%左右。钨矿化最富集的部位，还是在岩体上部的矿脉中。在那里，钨的品位常可达2%左右，其脉旁多为一般云英岩并常有内钾化带出现。即使是胡受奚教授的研究，也显示西华山299号脉脉旁蚀变带中钨含量以岩体上部的594-670中段最富⁽³⁾。西华山脉旁时见的内钾化带，如594中段91号脉天井所见，其中原岩的粒状结构已全部变为块状交代结构，K₂O含量达7.40%，其强度可与431中段的强烈红长石化相比，但其中却有大量的可见浸染黑钨矿，超过了大多数云英岩中的钨含量。这些事实结合脉旁不同标高红长石化岩钨含量的不同（表2），说明云英岩所代表的挥发分可能是钨在流体中的携带者，而钨一经卸载，其沉淀的最佳环境还是与碱质作用有关的。

胡受奚教授等以西华山为例，通过计算认为花岗岩在蚀变交代过程中，有明显的活化转移现象。他们计算了1km³花岗岩经钾长石化后钨的浸出转移量⁽³⁾。但研究表明，西华山花岗岩体中钨含量是不均匀的。

一个一般的趋势是,钨含量主要与岩体顶部形态及样品在岩体中的位置有关。岩株顶部的突起中、岩株的上部钨含量都比较高,一般在几十ppm左右,甚至可达100ppm以上。但在岩体下部的含量则较低,特别是笔者采样分析了岩体深部的几个钻孔岩心中的钨含量,除一个为4.8ppm以外,其余均在1ppm以下,并与花岗岩(包括中细粒花岗岩、细粒花岗岩)岩性的关系不大⁽⁵⁾。因此在岩体下部有没有一个成矿物质来源的“基地”,这个“基地”能否满足成矿的需要,都还是一个问题。

“花岗岩”和“长石化岩”中的钨含量用平均值是不适宜的。既然空间上钾长石化带位于岩体下部(深部),钾长石化带的下部是各种成矿元素的“活化转移”带,为了说明“活化转移”应该用岩体下部(深部)的钨含量,特别是具体剖面具体分析。另外,计算中的“花岗岩”实际上大多数是中细粒花岗岩,即钠长石化花岗岩,也是一个问题。因而实际上有无浸出,这个浸出量到底有多少以及这一浸出和粒间熔体-溶液中的钨含量的主次关系等等都还需要进一步的研究说明。

综上所述,“碱质交代成矿模式”在西华山成立的证据似乎是不足的,为了证明这一模式,还有许多工作要做。笔者初步的意见认为,钨可能在岩浆阶段即已集中于岩体上部特别是顶部突起部分,因而所谓“含钨原岩”可能只有相对的意义。在以后的岩浆分异演化过程中,中细粒花岗岩“浸泡”在岩浆后期富钨熔体-溶液中,而钨则不断地随物理化学条件的变化而在流体相和矿物相中重新分配并在前者中得到富集。随后裂隙的发生导致平衡破坏,成矿元素向主要是向下张开的裂隙渐次集中并伴随各种蚀变现象而最后导致矿脉形成。封闭开放条件的周期性变化及其程度对这一渗注浸和聚集交代成矿过程有重要控制作用。

本文主要是探讨性的。尽管一些想法在1981年就有的(赫英,1981),但主要的观察和研究是在这几年进行的。由于时间短,不到之处在所难免。胡受奚教授等在华南工作多年,积累了大量的资料,这绝非是笔者的经验和水平所能相比的,因而诚恳期待着各方面的批评指正。

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卷 第2期
- [2] 胡受奚等 1982 矿床学(上册) 地质出版社 第109、137、139页
- [3] 南京大学地质系 1981 华南不同时代花岗岩类及其与成矿关系 科学出版社 第306—314页
- [4] 赫英 1985 关于西华山花岗岩岩体成岩阶段划分问题的几点看法 地质论评 第31卷 2期
- [5] 赫英 1987 碱交代作用及其与钨矿化的关系 矿床地质 第6卷 第2期
- [6] 赫英 1985 西华山钨矿红长石化蚀变主要特征 矿床地质 第4卷 第1期
- [7] Edwin H Mckee, James J. Rytuba and Xu Kegui, 1987, Geochronology of the Xihuashan composite granitic body and tungsten mineralization, Jiangxi Province, South China, Econ. Geol., Vol. 82, 1987, No. 1, pp. 218-223.
- [8] Wu Yongle and Mei Yongwen, 1982, Multiphase intrusion and multiphase mineralization and their evolution in Xihuashan tungsten ore field. Symposium on Tungsten Geology, Jiangxi, China. pp. 437-449.
- [9] Wang Zehua and Zhou Yuzhen, 1982, The two layer-mineralized characteristic and mineralization model of the Xihuashan tungsten deposit. *ibid.* pp. 427-436.
- [15] Беус. А. А., Залашкова. Н. Е., 1962, О процессах высокотемпературного послемагматического метасоматизма в гранитоидах. Изв. АН СССР. Сер. Геод. No. 4.

SOME OPINIONS ABOUT METALLOGENIC MODEL OF ALKALINE METASOMATISM

He Ying

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

Abstract

Taking Xihuashan in Jiangxi province as an example, the author advances his opinions on the "metallogenic model of alkaline metasomatism related to granites" put forward by professor Hu Shouxi et al.

The geological observations and petrological, mineralogical and geochemical studies have revealed the following facts:

1) The lower parts and roots of the ore veins and the related red-feldspathization are almost all confined to medium fine grained granite (γ_5^{2b}), which is a product of albitization in closed and planar forms. The red-feldspathization alongside the ore veins occurs in open and linear forms and was formed later than the albitized granite (γ_5^{2b}).

2). Beneath the red-feldspathization zone, i. e., towards the greater depth of the granite body, there is a white-albitization zone formed later than red-feldspathization.

3). The formation of ore veins in the medium-fine grained granite mainly proceeded downward, so the intense red-feldspathization at the root of the ore veins occurred latest and marked the end of the mineralization.

4). The red-feldspathized rock is usually in company with greisen. The red-feldspathized rock in the greisen zone contains relatively high tungsten, whereas greisen in red feldspathization zone only has rather weak mineralization. The red-feldspathized rock and greisen are two different parts separated contemporaneously from residual melt-fluids.

5) Tungsten is unevenly distributed in the Xihuashan granite body, and the lower and upper parts of the rock body show considerable difference in its contents: from only 4.8 ppm at the depth to some 50 ppm (sporadically in excess of 100 ppm) in the upper part.

Based on these facts, the author considers that the metallogenic model of alkaline metasomatism seems not to hold water in Xihuashan area.