

# 我国含钨锡花岗岩的特征 及其与矿化的关系

李忠文

(中国地质大学)

本文讨论了我国含钨锡花岗岩的岩石学及岩石化学特征,认为它们应分别属于两个不同的成因系列和相应的演化系列,与矿化有关的花岗岩一般都是复式岩体,具工业价值的矿化并不总是与最晚期的侵入体有关,矿化的强度受许多因素控制。

**关键词:** 含钨锡花岗岩; 复式岩体; 成因系列; 演化系列

我国是世界上最重要的钨、锡矿产国之一。含钨锡花岗岩的时代,从晋宁期、加里东期、海西期、印支期、燕山期,直到喜山期。其中以燕山期最为重要。分布的地区,除我国南方(包括西南地区)以外,近年来,在华北、西北及西藏等地区亦已发现大量含钨、锡的花岗岩及其有关的矿床(化)。

## 岩石学及岩石化学特征

根据我国含钨、锡花岗岩的岩石化学成分,利用斯特凯森(Streckcisen A.)<sup>[1,2]</sup>提出的火成岩化学—矿物分类法(图1),并结合实际资料,认为我国含钨、锡花岗岩的主要类型为:黑云母花岗岩、黑云母二长花岗岩、碱长花岗岩及花岗闪长岩。

岩石一般具中—细或中—粗粒结构、似斑状结构,其中石英含量为25~35%,有时石英还呈浑圆状,为早期结晶的产物。这是由于岩浆中SiO<sub>2</sub>和F的含量较高所致;钾长石多为微斜长石,少数为正长石或条纹长石,含量在30%左右;斜长石结晶较好,可呈半自形,An为10~20,但也有An为36~41(在花岗闪长岩中),或An为5~10(在碱长花岗岩中),一般含量为30~40%;黑云母含量在5%左右;角闪石少见,但在花岗

闪长岩中可达5%以上。副矿物则以磁铁矿、黑钨矿、白钨矿、锡石、钛铁矿及黄铁矿、磷灰石、萤石和黄玉等最为常见。

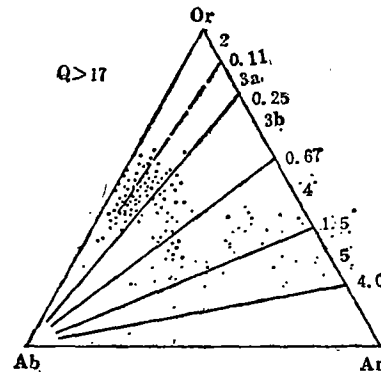


图1 我国含钨、锡花岗岩的化学—矿物分类

(按Streckcisen, A., 1976)

2—碱长花岗岩; 3a—(正长)花岗岩; 3b—(二长)花岗岩; 4—花岗闪长岩; 5—英云闪长岩; 其余数字为An/Or值

从获得的我国含钨、锡花岗岩的岩石化学分析资料中,筛选出250个样的分析数据进行了处理。首先将其平均值与我国黑云母花岗岩平均值(黎彤等<sup>[3]</sup>, 1963; 图2中的垂线部分)进行对比,显示出较高的SiO<sub>2</sub>和K<sub>2</sub>O含量,而其余化学成分均较低(图2)。而Na<sub>2</sub>O+K<sub>2</sub>O和A.R.值,在我国含

钨、锡花岗岩中分别为7.71和3.23,但在黑云母花岗岩中则分别为6.91和2.18。这也表明我国含钨、锡花岗岩具高碱质的特点。在图3中,除表示出我国含钨、锡花岗岩应属钙碱性—碱性系列,以及高SiO<sub>2</sub>含量、高A.R.及高D.I.值外,还反映出后三者之间具明显的同步消长关系。而我国一些与大型钨、锡矿床有关的花岗岩,此3个参数值均较大,即多集中在图3的高数值区。M·Stempork (1982, 1983)<sup>[4,5]</sup>认为上述现象是含矿花岗岩,朝高SiO<sub>2</sub>和高碱质演化的一般趋势。从而导致花岗岩中SiO<sub>2</sub>和K<sub>2</sub>O的含量增加。它的实验证明:在1350~1400°C下,在钠二硅酸盐熔体(Sodium disilicate melts)中,SnO<sub>2</sub>、WO<sub>4</sub>和MoO<sub>3</sub>有很高的溶解度。即表明碱性硅酸盐熔体,在高温条件下能溶解大量的Sn、W、Mo的氧化物。这也为含钨、锡花岗岩高SiO<sub>2</sub>和高碱质的特点提供了理论依据,也是W、Sn元素富集的前提。因而,在这些花岗岩中,W、Sn含量高也是一个重要特征,其含量

分别可达十到几十,甚至上百ppm。高出普通花岗岩W、Sn丰度值几倍到几十倍。

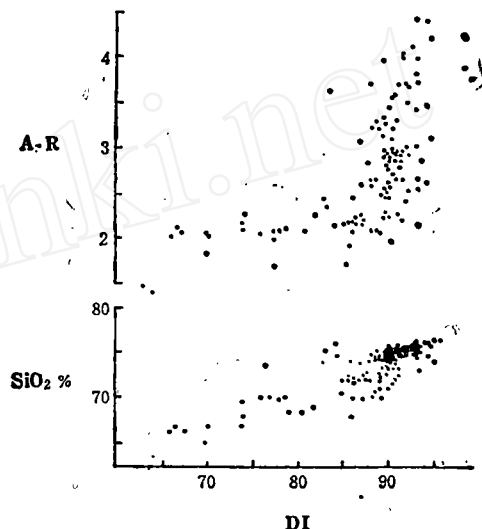


图3 我国含钨、锡花岗岩的A.R.和SiO<sub>2</sub>对D.I.的关系

### 复式岩体的特征及其成因系列和演化系列

我国主要的含钨、锡花岗岩,一般均是复式岩体,大多由3~4期侵入岩体组成。它们是同源岩浆分异的产物,在这些侵入岩体中,其大小并不相等。一般在一个复式岩体中,是以1~2次侵入岩体为主,构成复式岩体的主体,而其余期次的侵入体则是次要的。如湘南千里山复式岩体,由3期侵入岩体组成,根据其分布情况及出露面积等估计,其中以第一、二期侵入体为主,尤其是第二期约占复式岩体已知体积的50%以上,第一期约占40%,而第三侵入体仅占4%。瑶岗仙复式岩体由4期侵入岩体组成,翟裕生等(1985)<sup>①</sup>根据出露面积计算,其中以第二、三次为主,分别占总面积的70%和25%,而其余侵入阶段的侵入岩体仅占5%。

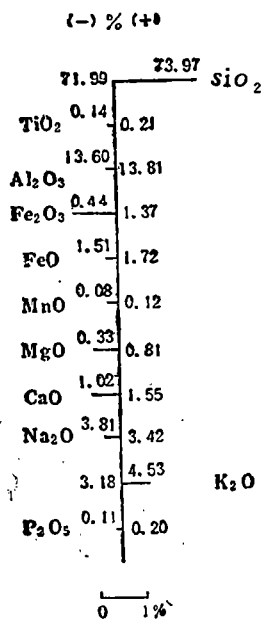


图2 我国含钨、锡花岗岩与黑云母花岗岩(垂线)氧化物含量平均值对比图

① 翟裕生等,南岭若干花岗岩接触带附近矿床的矿田构造、矿化特征及成矿规律研究,1985年。

当然随着探矿工作或矿山开采的逐步深入，当会获得更为精确的数据，这对定量研究复式岩体中各期次侵入岩体的组合关系及其含矿性，均有重要意义。此外，在空间分布上，它们可以是前后穿插，紧密共生，相互间无其他围岩隔开，形如一个整体，如千里山复式岩体和西华山复式岩体等。但也有被围岩分隔开来的，或明显地向一个方向“转移”，如瑶岗仙复式岩体和个旧复式岩体等。这是由于在岩浆多次上侵过程中，其上侵构造通道的位置发生变化所致。因而翟裕生等称前者为“单一中心式”，即多次岩浆上侵活动，沿着一个反复张开的构造空间充填的。而后者为“多中心式”，即不同期次上侵岩浆就位构造空间，随时间而转移变化。

然而，不管组成复式岩体的各次侵入岩的空间分布如何，从早期到晚期，它们在矿物成分、化学成分、稀土元素和微量元素，在含量和配分上，都有明显的演化趋势，从而反映出各次侵入体之间发展和继承的特点。例如湘南千里山复式岩体，呈岩株状产出。它是由细粒斑状黑云母二长花岗岩( $\gamma_5^{2-1}$ )、中—粗粒黑云母花岗岩( $\gamma_5^{2-2}$ )及浅色细粒碱长花岗岩( $\gamma_5^{2-3}$ )组成，在野外可见到它们之间呈明显的侵入接触关系。从 $\gamma_5^{2-1} \rightarrow \gamma_5^{2-2} \rightarrow \gamma_5^{2-3}$ (表1、图4)，岩石的演化趋势，表现在矿物成分上为：斜长石的种属由中长石 $\rightarrow$ 更长石 $\rightarrow$ 钠长石，即 $A_n$ 逐渐降低；黑云母中， $FeO$ (全铁量) +  $MgO$  +  $MnO$ ，由32.87 $\rightarrow$ 27.53 $\rightarrow$ 18.28(重量%)逐渐减小，而 $SiO_2 + Al_2O_3$ 则由52.86 $\rightarrow$ 59.93 $\rightarrow$ 68.66(重量%)逐渐增加，因而由 $Mg$ —黑云母变为黑磷云母。在岩石化学成分上，表现为 $TiO_2$ 、 $Fe_2O_3$ 、 $FeO$ 、 $MgO$ 、 $CaO$ 和 $K_2O$ 等组份逐步降低，而 $Na_2O$ 、 $Al_2O_3$ 和 $SiO_2$ 则逐步增加；在岩石化学参数上，里特曼指数( $\delta$ )和碱度率(A.R.)和分异指数(D.I)均逐渐增加，这反映出随着岩浆分异作用的提高，岩石向着碱性增加的方向

演化，稀土元素的含量( $\Sigma REE + Y$ )越来越高，而 $\Sigma LREE / \Sigma HREE$ 和 $\delta Eu$ 则越来越低，表明随着岩浆的演化，越来越富集重稀土，而Eu的亏损程度则增加。此3期侵入岩的稀土配分模式，则完全相似(图5)。最后，表明分异程度的微量元素含量的比值变化，如 $K/Rb$ 、 $Ba/Rb$ 、 $Rb/Sr$ 、 $Ga/Al$ 和 $Li/Mg$ 等，均反映出从 $\gamma_5^{2-1} \rightarrow \gamma_5^{2-2} \rightarrow \gamma_5^{2-3}$ ，分异程度越来越高，分异作用也越来越完善的趋势。上述不仅表明它们是同源岩浆分异的产物，同时也反映出它们相互间演化和继承的特征。

千里山复式岩体中标准矿物含量(%)和微量元素化学参数 表 1

侵入期次	$\gamma_5^{2-1}$	$\gamma_5^{2-2}$	$\gamma_5^{2-3}$	
Or	30.05	28.94	27.41	
Ab	27	28.39	35.57	
An	5.28	3.39	2.8	
岩石化学参数	D.I.	89.72	92.34	94.30
	$\delta$	2.13	2.20	2.25
	A.R.	3.38	4.20	4.55
	$\Sigma LREE / \Sigma HREE$	3.66	2.76	1.02
	$\Sigma REE + Y$ (ppm)	224.39	337.40	442.42
	$\delta Eu$	0.17	0.06	0.02
	Rb/Sr	6.8	46.7	124.3
	Ba/Rb	0.263	0.056	0.009
	K/Rb	89.89	64.24	5.30
	Th/U	3.114	1.543	0.642
	$Ga/Al \times 10^4$	3.93	5.21	5.30
	$Li/Mg \times 10^4$	15.7	99.6	135.0

资料来源：本文，白志民(1984)，湘南地质队(1983)

大量实际资料表明，我国含钨、锡花岗岩分别具有徐克勤等(1986)[6]提出的同熔型花岗岩和改造型花岗岩的特点(图6、表2)。如图6中，它们的化学组份大部分落在(AI-Na-K)—Ca( $Fe^{2+} + Mg$ )三角相图中的斜长石—黑云母—堇青石和斜长石—堇青石—白云母组合(改造型花岗岩区)，少部分落在斜长石—黑云母—角闪石和斜长石—角闪石—单斜辉石组合内(同熔型花岗

岩区)。表2是从上述两大类型中分别选出具有代表性的阳储岭岩体和千里山岩体,在矿物成分、化学成分及地球化学等方面特征的对比。从中不难看出两者间的明显差异。根据李秉伦等(1985)〔7〕的研究,认为形成阳储岭岩体的岩浆,是幔源物质和地壳物质的混合物。而千里山岩体则是地壳深部硅铝层重熔所产生的花岗岩浆形成的。综上所述,可以认为我国含钨、锡花岗岩,应分别属于同熔型花岗岩和改造型花岗岩两个不同的成因系列。从目前的资料来看,后者在数量上占有较大优势。

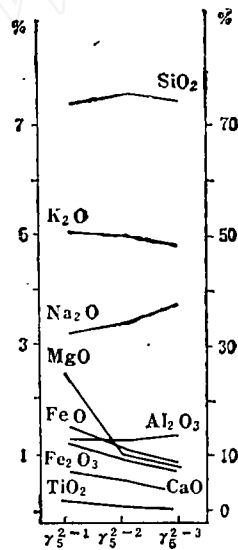


图4 千里山复式岩体化学成分演化图

岩石/球粒陨石

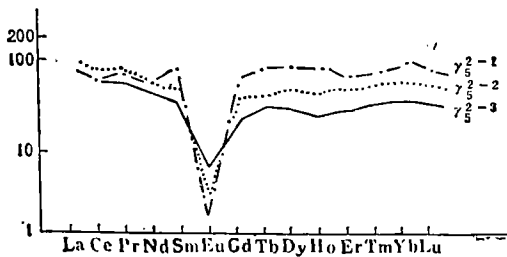


图5 千里山复式岩体各次侵入岩稀土元素配分模式

由于其成岩原始物质的不同,因而组成复式岩体的侵入岩类型也不相同。如瑶岗仙

复式岩体(翟裕生等,1985)①由中粗粒斑状黑云母花岗岩—中粗粒白云母花岗岩—中细粒斑状黑云母花岗岩—中细粒白云母花岗岩组成。西华山复式岩体(刘家远,1986)②由中粒斑状黑云母二长花岗岩—中粒黑云母二长花岗岩—细粒含斑黑云母碱长花岗岩组成。为此,根据已获得的岩石学资料,并参照图1中的分类,可将我国含钨、锡花岗岩分为两个演化系列:①黑云母二长花岗岩—黑云母花岗岩—(黑云母)碱长花岗岩;②花岗闪长岩—二长花岗岩—花岗岩。前者属改造型花岗岩成因系列,后者属同熔型花岗岩成因系列。

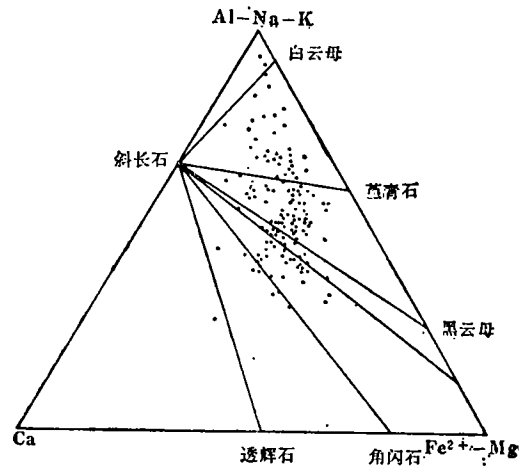


图6 我国含钨、锡花岗岩(Al-Na-K)-Ca-(Fe<sup>2+</sup>+Mg)三角相图  
(据徐克勤等,1986)

### 矿化特征

众所周知,内生钨、锡矿床总是与花岗岩有着成因联系,这些花岗岩大多是复式岩体,同时可以观察到,组成复式岩体的各期侵入岩均有不同程度的矿化,具工业价值的或最强的矿化,并不总是与最后的或晚期的侵入岩有关。后期侵入的岩体,总是在前期侵入体冷凝固结和矿化后才侵入就位的。这一

② 刘家远,关于西华山钨矿成岩成矿问题之浅见,1986年。

阳储岭和千里山复式岩体的主要特征及其与同熔型和改造型花岗岩特征的对比

表 2

典型岩体	阳 储 岭	千 里 山	同 熔 型 花 岗 岩	改 造 型 花 岗 岩
主要岩石类型	花岗闪长岩、二长花岗岩、正长花岗岩	黑云母二长花岗岩、黑云母花岗岩、碱长花岗岩		
斜长石与碱性长石	斜长石>碱性长石	碱性长石>斜长石		
SiO <sub>2</sub> (%)	65.61~69.38	74.20~75.05		
Na <sub>2</sub> O/K <sub>2</sub> O	0.73~1.04	0.62~0.89	0.78~1.25	0.40~1.27
ANKC	0.99~1.01	0.99~1.00	<1.0	>1.0
稀土配分模式	呈平滑状, 有弱负Eu异常	呈“V”状, 有明显负Eu异常	一般无Eu异常, 有时有弱的正或负异常	极强Eu负异常
<sup>87</sup> Sr/ <sup>86</sup> Sr	0.707~0.710	0.732	0.705~0.710	>0.710
δ <sup>18</sup> O, %	9.8~11.7	10.8	<10	>10
δEu	0.81~0.91	0.17~0.02		
D.I.	61.88~82.88	89.72~94.30		
构造条件	受深断裂控制	湘桂粤北海西—印支拗陷带	大陆边缘活动带, 大陆板块内断裂带	后加里东隆起区湘桂粤北海西—印支拗陷带
资料来源	李秉伦等 <sup>[7]</sup>	本 文	徐克勤等(1986) <sup>[6]</sup>	

切反映了在深部岩浆房中的演化—分异过程。

例如东坡矿田的千里山复式岩体, 在3期侵入岩中, 第一期 $\gamma_5^{2-1}$ 与泥盆纪碳酸盐地层接触, 在接触带形成夕卡岩型矿床。继而, 第二期 $\gamma_5^{2-2}$ 的岩枝又沿此接触带侵入, 形成与云英岩化有关的矿体, 如著名的柿竹园夕卡岩—云英岩复合式W-Sn-Mo-Bi矿床。此外, 矿田内的野鸡尾蚀变岩枝型Sn-Cu矿床、红旗岭的脉型Sn-W矿床均与 $\gamma_5^{2-2}$ 有关。第三期的 $\gamma_5^{2-3}$ , 其矿化则无工业意义。在瑶岗仙复式岩体中, 以第二、三期侵入体的矿化最为重要, 而第一、四期侵入岩体的矿化则较差<sup>①</sup>。而福建行洛坑复式岩体, 则以第一期南岩体和第三期隐伏岩体的矿化为主, 第三期北岩体的矿化则最差<sup>[8]</sup>。西华山复式岩体的矿化, 则以第二阶段侵入体的矿化最好(梅勇文, 1985)。

对复式岩体中不同期次侵入体矿化强度

差异的原因, 根据目前的认识, 可以认为是与如下的因素有关:

1. 各期次侵入岩体的大小 一般岩体体积大者对矿化有利, 它们常构成复式岩体的主体。如前述的千里山复式岩体的第一、二期, 瑶岗仙复式岩体的第二、三期侵入体。这些体积较大的岩体, 不仅能提供充分的成矿物质, 而且还能形成一个持续的高热环境, 这对成矿物质的聚集、运移和沉淀均极有利。

2. 岩体的形状 由于矿化剂的影响, 在含矿侵入体的岩枝、岩突、小的岩株或岩体形态变换的地方, 常易聚集成矿物质, 而这些岩枝、岩突等又可是深部岩体成矿物质上升的通道。因而在这些部位或其上的盖层中常形成工业矿化。

3. 含矿岩浆在深部岩浆房中停留演化的时间 这个时间越长, 深部岩浆房中原始

岩浆的分异就越好,在其上部(或有利部位)在矿化剂等因素的作用下,易于聚集大量成矿物质,形成富化的含矿岩浆,在适宜的构造作用下,上侵到地壳的浅层,从而形成有利矿化的侵入体。这一时间,可以认为是组成复式岩体相邻两次侵入活动的间隔时期。如若复式岩体的第一期侵入体,在深部岩浆房中经历了长期的、良好的分异作用,则可能具有较好的工业矿化。

4. 含矿岩体的分异程度 根据统计分析,矿化好的侵入体,分异程度往往也较高,这样会使成矿物质聚集或转入热水溶液中,在适宜的条件下形成矿床。

复式岩体及其组成侵入岩的类型不同和含矿性的特征,也反映出深部岩浆房中原始岩浆演化的特征。

尽管上述问题的研究还很不深入,但对成岩、成矿作用和找矿评价的研究有着重要意义,故应给予极大的关注。

## 结 论

1. 我国含钨、锡花岗岩,在几个重要地质时期中均有分布,而以燕山期最为重要。在空间分布上,目前仍以我国南方(包括西南地区)为主,在华北、西北等地区亦已有大量发现。

2. 我国含钨、锡花岗岩主要为:花岗闪长岩、黑云母二长花岗岩、黑云母花岗岩及碱长花岗岩。一般具有高 $\text{SiO}_2$ 含量和高碱质的特征。

3. 我国含钨、锡花岗岩大都为复式岩体,一般由3~4期侵入岩组成,它们为同源岩

浆分异的产物。在岩石的矿物成分、化学成分、微量元素及稀土元素的含量及配分上,均具有明显的演化趋势,反映出它们之间发展演化和继承的特点。

4. 根据我国含钨、锡花岗岩的基本特征,应分别属于改造型花岗岩和同熔型花岗岩两个不同的成因系列。由于成岩原始物质的不同,因而组成复式岩体的岩石类型也不相同。为此,可划分出两个演化系列:黑云母二长花岗岩—黑云母花岗岩—碱长花岗岩;花岗闪长岩—二长花岗岩—花岗岩。前者属改造型花岗岩,后者属同熔型花岗岩。

5. 复式岩体的各期侵入岩,均有不同程度的矿化,具工业意义的矿化,并不总是与晚期侵入岩体有关。而是与岩体的大小、形状、分异程度的好坏及演化时间的长短有关。后期侵入的岩体总是在前期侵入岩固结、矿化之后才侵入定位的。

本文在撰写过程中,使用了不少前人的有关资料,因篇幅有限,不能一一致谢,请予谅解。

## 参 考 文 献

- [1] Streckeisen A.: Neues Jahrb, Mineral, Monatsh, 1976, №1.
- [2] 中国科学院青藏高原综合科学考察队:《西藏南部花岗岩类地球化学》,科学出版社,1982年.
- [3] 南京大学地质系矿物岩石教研究:《火成岩岩石学》,地质出版社,1980年.
- [4] Stempok M.: Proceeding Sixth IAGOD Symposium, 1983, Vol. 1.
- [5] 云南省地质科学研究所等合译:《锡矿地质学》,地质出版社,1983.
- [6] 徐克勤等:《花岗岩地质和成矿关系》,科学出版社,1986年.
- [7] 李秉伦等:岩石学报,1985,第2期.
- [8] 福建省闽西地质大队:《福建清流行洛坑钨(钼)矿床地质特征》,福建科学技术出版社,1985年.

## Characteristics of China's W-Sn-bearing Granites and Their Relation with Mineralization

Li Zhongwen

This paper deals with petrographic and lithological-chemical characteristics of China's W-Sn-bearing granites. It is believed that they belong to two different genetic series and corresponding evolutionary series respectively. Granites which bear a genetic relationship with mineralization, generally all are composite intrusives, but granites associated with commercial deposits are not always related to those of the latest epoch. The mineralization intensity is controlled by many factors.