

论南岭区域复式花岗岩体及稀有金属 花岗母岩的分异演化作用

涂 英 伟

(湖南省地质局)

南岭区域不同时期花岗岩体及与其有关的稀有金属矿床的形成,除了受区域混合岩化作用以及区域花岗岩浆分异演化作用的制约外,还受到遍布于南岭区域的每一个多期多阶段复式花岗岩体的自身分异演化作用的深刻的影响。在那些复式岩体中,只有在岩体分异演化的晚期阶段,才会出现稀有金属花岗岩母岩。现仅将本区域复式岩体和成矿母岩的分异演化及其与成矿作用的关系论述如下。

一、区域复式花岗岩体的分异演化作用

南岭区域与成矿有关的花岗岩基本上都属于多期多阶段的复式岩体^[1],它们在岩石学、岩石化学、交代蚀变作用、成矿元素的演化方面与区域花岗岩浆分异演化的规律基本上是一致的。即由于多期多阶段的频繁的岩浆活动,随着花岗岩的发展和演变,促使复式岩体中稀有稀土元素不断聚集,随着时代的变新,稀有元素从复式岩体中的老花岗岩向新花岗岩集中,交代蚀变作用也逐渐增强,并在最后形成稀有金属花岗母岩。

此外,由于复式岩体是岩浆多次侵入形成的,就产生了从岩浆晚期到岩浆期后的气成-高温热液→中温热液→低温热液的一系列成因上有密切联系的、连续的、不同的金属矿床组合,在空间上它们是围绕花岗岩母体并以其为中心向外接触带呈带状分布。其最有代表性的岩体为邓埠仙岩体、千里山岩体、西华山岩体和广西栗木岩体。现以邓埠仙岩体(图1)为例说明。

邓埠仙岩体出露面积为170平方公里,由四期岩体构成。第一期为粗粒似斑状黑云母花岗岩,出露面积为130平方公里,锆石的铀-铅同位素年龄为2.30亿年,属印支期(γ_2^a)。第二期为中粒二云母花岗岩(γ_2^b),出露面积40平方公里,属燕山早期。第三期为中细粒似斑状花岗岩(γ_2^c),呈小岩株状,属燕山中期。第四期为细粒白云母花岗岩(γ_2^d),呈岩脉、岩株、岩瘤状,用钾-氩法测得同位素年龄为1.36亿年,属燕山中期,为稀有金属成矿母岩。从第一期至第四期,侵入方式、侵入规模、岩石性质、主要造岩矿物组分、副矿物组分、岩石化学成分、成矿元素组分以及交代蚀变作用都有明显的有规律的重大变化。

从侵入规模来说,复式岩体内不同期的侵入体随着时代的变新而变得愈来愈小,从第一期的岩基演变为第二期的大型岩株到第三期的小岩株,最后变成了第四期的岩脉和岩瘤。

从侵入方式来说,是由原地和半原地的混合花岗岩→侵入花岗岩→高位花岗岩。

从岩石粒度看,从老岩体到新岩体,颗粒由粗逐渐变细,变斑状结构逐渐被等粒细粒结

构所代替。交代残余结构则相反，由不发育逐渐变成强烈发育，并在晚期岩体中占极重要的位置。

主要造岩矿物和副矿物的变化也是明显的。例如钾长石的含量由老到新越来越少，第一期中占40%，第二、三期中占32%，第四期降为15%；黑云母的含量也越来越少，第一期高达8%，二、三期减至4%，第四期不含黑云母；云母矿物的变化是由黑云母→二云母→白云母；钠更长石则由占第一期的20%降为占第四期的15%；与此相反，钠长石、白云母、石英的含量则越来越多，第一期内未见钠长石和白云母，石英含量只占30%，第二、三期中钠长石渐增为5%，白云母3%，石英33%，第四期钠长石则增到25%，而且长石的牌号也减少到0—6间，白云母增至8%，石英增加到35%。由老到新的演变还反映在副矿物的种类越来越多，越来越复杂。许多稀有金属矿物和含挥发分矿物在老岩体中是没有的，到新岩体中则大量出现。例如第一期中副矿物为磷灰石、榍石、褐帘石、独居石、锆石、电气石、绿帘石、黄铁矿、黄铜矿、闪锌矿、镜铁矿等；第二、三期为磷灰石、褐帘石、萤石、电气石、独居石、锆石、黄铁矿、黄铜矿、磷钇矿、黑钨矿、石榴石等；第四期的副矿物就矿物种类和复杂性来说已达到高峰，计有萤石、黄玉、磷灰石、电气石、锰铈钽铁矿、富铈锆石、日光榴石、锆石、磷钇矿、独居石、细晶石、黝帘石、黑钨矿、锡石、绿帘石、黄铁矿、黄铜矿、氟磷锰铁矿、毒砂、铈铁金红石、金红石、锰钽铁矿、铈铁矿等37种。

在第一期岩体中，主要的交代蚀变作用是钾长石化和黑云母化，这是早期钾交代作用。到第二、三期发生第二期钾交代以及钠长石化、云英岩化和白云母化作用，但是不强烈。最强烈的交代蚀变作用出现在最晚期的白云母细粒花岗岩（成矿母岩）中，主要是钠长石化、白云母化和云英岩化，其次是黄玉化、绢云母化和电气石化。

最具特征的变化还反映在岩石化学和成矿元素的变化上（表1）。从表1可以看出，邓埠仙复式岩体中的钾、三价铁、二价铁、钛、镁、钙以及铝的氧化物含量均随岩体时代的变新而呈现出有规律的减少，而硅和钠的含量则不断增加，三价铁和二价铁的比值逐渐增大。总的来说，邓埠仙复式岩体的岩石化学组分含量的演变规律和南岭区域内其它的、几乎是所有的与成矿有关的复式岩体的演变规律是一致的，也与南岭区域的花岗岩演化的规律是一致的。即随着花岗岩体的时代愈来愈新，岩体的岩石化学成分朝着富硅、富碱金属、钠交代作用加强、钾交代作用减弱（即向着 $\text{Na}_2\text{O} > \text{K}_2\text{O}$ 的方向变化）、贫钛、铁、钙、镁等的方向变化。这对于稀有元素从它的载体（黑云母、斜长石、钾长石等）中浸出、活化转移并富集是极为有利的因素。至于 $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{FeO}$ 比值的不断增大，氧化电位增高，则反映随着岩体时代的变新，

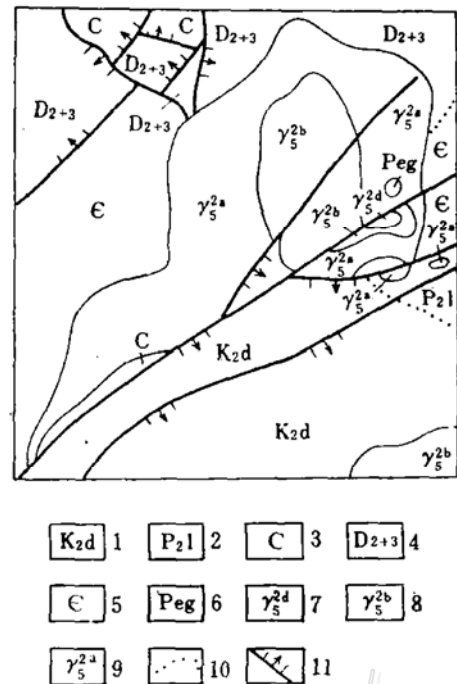


图1 邓埠仙岩体地质图

- 1—上白垩统；2—上二叠统龙潭组；3—石炭系；4—中上泥盆统；5—寒武系；6—伟晶岩；7—细粒白云母花岗岩（燕山中期）；8—中粒二云母花岗岩（燕山早期）；9—粗粒黑云母花岗岩（印支期）；10—地质界线；11—正断层

Fig.1. Geological map of the Dengbuxian granitic body.

邓埠仙岩体不同期岩石化学成分平均含量(%)及成矿元素平均含量(ppm)① 表 1

岩石化学成分及元素成分	含量	岩性	粗粒似斑状黑 云母花岗岩 (γ_5^{2a})	中粒二云母 花岗岩 (γ_6^{2a})	中细粒似斑 状花岗岩 (γ_8^{2a})	细粒白云母 花岗岩 (γ_5^{2a})	花岗岩平均值 (A. J. 维诺格 拉多夫1962年)
SiO ₂	67.63		67.63	72.79	72.96	74.118	
Al ₂ O ₃	14.71		14.71	14.12	14.02	14.362	
Fe ₂ O ₃	1.53		1.53	0.745	0.28	0.805	
MnO	0.087		0.087	0.069	0.039	0.205	
MgO	1.33		1.33	0.508	0.26	0.524	
CaO	1.98		1.98	0.765	0.790	0.318	
TiO ₂	0.53		0.53	0.115	0.20	0.046	
Na ₂ O	3.08		3.08	3.503	3.15	4.164	
K ₂ O	4.75		4.75	4.79	4.95	3.302	
P ₂ O ₅	0.32		0.32	0.27	0.22	0.307	
FeO	3.24		3.24	1.37	1.10	0.972	
灼失	0.697		0.697	0.875	0.860	1.146	
总和	99.88		99.88	99.86	100.499	100.352	
Ti	2160		2160	900	1200	180	2300
Cr	53		53	117.7	146	125.9	25
Ni	12		12	10.36	<10	<10	8
V	155		155	40	43	10	40
W	50		50	69.29	77.5	127.73	1.5
Sn	24.1		24.1	53.6	133	125.45	3
Mo	39.2		39.2	7.6	39.5	10.4	1.0
Bi	19.8		19.8	30.57	82	70	0.01
Cu	48.25		48.25	184.1	93	318.64	20.0
Pb	189.5		189.5	95.36	99.5	81.82	20.0
Zn	53		53	44.64	6.7	73.18	60.0
U	17		17	16	20	24	3.5
Th	21.1		21.1	12	9.7	4.6	18.0
Ta	4.1		4.1	6.6	18.8	61.4	3.5
Nb	30.1		30.1	17.8	39.1	72.7	20.0
Li	138.1		138.1	67.9	102.3	125.6	40.0
Rb	286.1		286.1	342.8	530.1	865.6	200.0
Cs	53.8		53.8	36.8	53.8	60.4	5.0
Be	12.24		12.24	12.09	34.09	37.34	5.5
Zr	219		219	45.1	42.2	<18.5	200
TR ₂ O ₃	496		496	100	63	34	346
Ga	8.3		8.3	8.07	10	16.45	20

① 根据南大地质系、湘东钨矿、湖南省冶金 214 队资料, 其中 Cr、Ni、V、W、Sn、Mo、Bi、Cu、Pb、Zn、TR₂O₃ 为光谱半定量, Be 为光谱定量, 其余为化学分析。

岩体形成的深度愈来愈浅。根据岩体和含钨石英脉的空间共生关系, 推测第四期含矿母岩的形成深度在两公里左右。

从表 1 还可以看出: ①铁族元素除钛低于花岗岩平均值外, 铬、镍、钒等均高于平均值, 且钛、镍、钒由老至新逐渐降低, 铬由老至新似有升高趋势。②钨、锡、钼、铋在各期岩石中的含量均大大高于花岗岩平均值, 其中除铜变化规律不明显外, 钨、锡、铋均由老至新增高。③铜、铅、锌三元素在各期岩石中的含量, 除锌接近于花岗岩平均值外, 铜、铅均大大

超过花岗岩平均值,铜、锌由老至新增高,而铅似有降低的趋势。④锆、钽、稀土元素在第三期及其后的岩石中低于花岗岩平均值,且由老至新明显下降。而铀、钼、铌、锂、铷、铯、铍等均高于花岗岩平均值,且由老至新急剧增高。⑤镓的含量在各期岩体中均低于花岗岩平均值,但由老至新仍逐渐增高。

南岭区域与成矿有关的复式岩体,如西华山岩体、幕埠山岩体、千里山岩体、栗木岩体等的分异演化的趋向和邓埠仙岩体基本一样。它们大多是同源多期多阶段生成的,有的岩浆侵入作用从加里东期开始一直延续到燕山晚期,例如武功山岩体、诸广山岩体。武功山岩体由加里东早期混合岩(4.22亿年)、加里东晚期块状花岗岩、印支期花岗岩(2.46亿年)和燕山中期浒坑岩体(1.58亿年,与黑钨矿有关)、燕山晚期414岩体(1.3亿年)所组成。诸广山岩体包含有加里东期、海西印支期和燕山期的岩体。栗木岩体由印支期细粒似斑状锂白云母花岗岩(2.35亿年)、燕山早期细粒锂白云母花岗岩(1.85亿年)、燕山中期第二亚期细粒黑鳞云母铁锂云母钠长花岗岩(1.04~1.34亿年)及晚期的花岗岩脉和伟晶岩脉组成。西华山岩体为一同造山旋回同源多期多次侵入的复式花岗岩株,同位素年龄为1.55~1.6亿年,属燕山中期产物,由五个侵入期的岩体组成。千里山岩体(0.66~1.72亿年)属燕山早、中—晚期产物,由六个侵入期的岩体组成。

上述这些与成矿有关的复式岩体形成的早期阶段,有的一开始就受混合岩化作用的影响,如武功山、诸广山岩体;有的则是区域中更大更老的混合花岗岩分异演化以后派生出来的侵入花岗岩(如栗木岩体、千里山岩体等)。随着复式岩体进入自己的分异演化阶段,不仅可以有新岩体产生,而且早先已形成的岩体也会再次受到影响而被改造。因此在一个复式岩体内,常常是分异不好的交代作用不发育的早期形成的黑云母花岗岩,被较晚期形成的分异较好的二云母花岗岩所代替,并一直向着更晚期的分异完全的交代强烈的白云母及锂云母花岗岩演变。此外,由老到新,岩体的规模越来越小,形成的深度越来越浅,岩石一般由粗粒斑状结构逐渐演变成细粒等粒的花岗结构,碱质交代作用越来越强烈,钠交代逐步取代钾交代(个别岩体例外),硅酸或碱金属元素及成矿元素不断增加,并向着复式岩体的上部集中,成矿元素的种类也随之增多和复杂,铁、钛、镁、钙含量则逐渐减少。由于每一个复式岩体的分异演变都具如此的规律性,因此这种趋势发展的结果,就导致南岭区域在燕山中晚期产生了区域之中最广泛最强烈最多样化的成矿作用。这些事实令人信服地说明,南岭区域各个与成矿有关的多期多阶段的复式岩体的分异演变的最终结果,即分异演变的最重要的功用是孕育并形成了复式岩体的最进化的富稀有金属的花岗母岩。

对复式岩体分异演变作用的功用,徐克勤教授曾给予了很高的评价,他还认为由碱质、硅和挥发分组成的“岩汁”,在一定物理化学条件下对复式岩体中早先形成的岩体进行交代是形成分异性更好、更进化的晚期花岗岩的重要原因。他认为“岩汁”不仅可以渗透于岩浆,成为透岩浆溶液,而且往往在岩浆体的前锋对围岩发生交代作用,产生前锋交代花岗岩(如西华山岩体、邓埠仙岩体等)及边缘混合岩。由于交代作用时交代物质熔点降低,就可能使先存岩石熔化,转变为再生-重熔花岗岩浆^[1]。由于岩浆分异演变的趋势是硅酸、碱金属和水、氟、硼等挥发分越来越浓集于岩浆的顶部,因此,再生-重熔岩浆又将继续被熔解改造,并进一步降低其熔化温度,同时,这种富含活动组分的透岩浆液又可进一步促使围岩发生前锋花岗岩化,使交代作用和熔化作用相互促进,并影响着复式岩体的演化过程。

二、成矿母岩的分异演化作用

与成矿有关的复式岩体分异演化的结果，是在复式岩体形成的晚期阶段，产生出分异性最好、交代作用最强烈的稀有金属花岗母岩。但是稀有金属花岗母岩的产生，并不等于就是稀有金属矿床的形成。在稀有金属花岗母岩的形成阶段，由于区域混合岩化作用、区域花岗岩的演化、复式岩体的分异演化已导致花岗岩浆中的成矿元素被最后汲取到成矿母岩中，造成成矿母岩中的成矿元素的丰度值大大超过一般酸性岩的平均含量。在这个基础之上，成矿母岩中已经浓集起来的成矿元素能否形成稀有金属工业矿床，除了其它的成矿前提之外，还要取决于母岩形成过程中的结晶分异作用和碱质交代作用的强度。在这种情况下，母岩的分异作用进行得越深刻越完全，挥发分和成矿元素就越富集，向着母岩的顶部转移并交代那些早期已形成的稀有金属的“载体”（黑云母、斜长石、钾长石、角闪石等）。因此，碱质交代作用，特别是钠交代作用也就越强烈，引起剧烈的钠长石化和云英岩化作用，出现稀有金属成矿最有利的环境。只有在这一阶段才会产生那些相带非常发育的、完全分异的、交代作用极为强烈的稀有金属交代花岗岩矿床。交代型的富钽富锂花岗岩母岩实际上本身就是矿床。如401岩体、414岩体、430岩体等即是。

这三个稀有金属母岩如果不包括在它们之后出现的酸性的和基性的脉岩的话，应该是属于已暴露的和隐伏的多期多阶段复式岩体分异演化的最晚阶段的产物。根据大量的地质调查结果，可以这样认为，这三个岩体的综合性地质-成矿剖面是南岭区域稀有金属花岗母岩的有代表性的地质-成矿剖面的模式。它们在成岩过程中经历了十分良好的完全的结晶分异作用，同时又受到越来越深刻的强烈的碱质交代作用，因此岩体的相带很发育。一般来说，从岩体的下部到顶部，从中心到边部可以形成九个岩相带和矿化带，每一个相带代表了母岩成岩过程中的一个矿化阶段。

- | | | |
|------|---|---|
| 外接触带 | { | 9. 外带: Cu、Pb、Zn、Sb、Hg |
| | | 8. 内带: Nb、Ta、Be、W、Sn、Mo、Bi、CaF ₂ |
| 内接触带 | { | 7. 似伟晶岩带: 侵出的无矿和少矿带 |
| | | 6. 中细粒云英岩带: W、Mo、Bi、Li、Rb、Cs |
| | | 5. 细粒或叶片状强钠长石化锂云母化花岗岩带: Nb、Ta、Li、Rb、Cs、W、Sn |
| | | 4. 细粒钠长石化、锂云母化或白云母化花岗岩带: Nb、Ta |
| | | 3. 细粒弱钠长石化、白云母化花岗岩带: Nb、REE |
| | | 2. 中粒钾长石化弱钠长石化二云母化花岗岩带: REE (主要为钇族重稀土) |
| | | 1. 粗粒似斑状黑云母或黑磷云母化花岗岩带: REE (钇族及铈族稀土, 铈族轻稀土往往出现在钇族稀土矿化之下的部位) |

从岩体的下部到顶部，钾长石化逐渐减弱，钠长石化作用越来越加强，以致到第五带时钾长石化完全被钠长石化所取代。越往上部，晚期次生的小板条状钠长石 (An 0—4) 含量越多，而板状钠长石则越来越少，甚至完全被小板条状钠长石所代替，岩石由粗粒似斑状逐渐向细粒等粒花岗结构演变。

云母类矿物则由黑云母→黑磷云母→铁锂云母→铝黑磷云母→二云母→白云母→锂白云

母→锂云母方向发展演化。锂白云母和锂云母越往岩体上部含量越来越多,黑云母只在最下部存在,黑磷云母从下至上含量越来越少。在第五带中锂云母和锂白云母完全取代了其他种类云母。一般来说黑磷云母、铁锂云母与岩体中铌的矿化密切,而锂白云母、锂云母(可能还有白云母)与钽的矿化有关。锆石中的铪由第一带到第五带逐渐增加,由普通贫铪锆石演变成富铪锆石(HfO_2 含量由1.7—6.8%)。铌钽矿物中 $\text{Ta}_2\text{O}_5/\text{Nb}_2\text{O}_5$ 比值逐渐增大,到大于1以上,富钽矿物越来越多。稀土矿物逐渐减少,而且铈族稀土逐步被钇族稀土所取代。到岩体的上部,像钨、锡、铜、萤石、黄玉、电气石一类矿物也显著增加,交代作用越来越强,除钠长石化外,锂云母化、云英岩化、黄玉化在岩体上部都达到了最发育的程度。

从表1看,南岭稀有金属花岗岩的演变有如下特征:

1. SiO_2 含量大于中国及世界酸性岩的平均丰度值,但随着钠长石化、锂白云母化、锂云母化的增强而有规律地降低,在强钠长石化、锂云母化、锂白云母化带中含量最低。

2. Al_2O_3 随着锂云母化、锂白云母化、钠长石化作用的强化而相应增高。

3. K_2O 、 Na_2O 呈反消长关系,各个稀有金属母岩体自下而上 K_2O 递减, Na_2O 递增,明显地朝着 $\text{Na}_2\text{O} > \text{K}_2\text{O}$ 的趋势发展,反映出越往岩体的上部钠长石化交代作用越来越强。在强钠长石化、锂白云母化、锂云母化岩体上部的高钽带中, SiO_2 的含量一般低于73% (也有个别例外稍高一点), Al_2O_3 的含量大于15%, $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ 的含量大于8%,且 $\text{Na}_2\text{O} > \text{K}_2\text{O}$ 。其 $\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O}$ 分子数的百分数的比值大于1.5, $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{K}_2\text{O}$ 分子数的百分数的比值大于3.0。

4. Ti^{4+} 、 Fe^{2+} 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 均较低,明显低于中国及世界花岗岩的平均值。

5. 稀有金属花岗母岩的各个交代带的钽、铌、钨、铍、锂、铷、铯含量,即使是交代作用最微弱、稀有元素含量最低的粗粒黑云母花岗岩和黑磷云母花岗岩带,也大大超过花岗岩的平均值。在交代作用进行得最彻底的强钠长石化、锂白云母化、锂云母化花岗岩带中,钽氧化物的含量等于花岗岩平均值的30—36倍,铌氧化物等于3—5倍,铍的氧化物等于18—28倍,锂的氧化物等于5—131倍,铷的氧化物等于4—14倍,铯的氧化物等于20—176.9倍, $\text{Ta}_2\text{O}_5/\text{Nb}_2\text{O}_5$ 比值等于5.5—9倍,唯有稀土元素和锆的氧化物正相反,其含量比花岗岩的平均值低得多, TR_2O_3 低5—49倍, ZrO_2 低8倍。

6. 钽、铌两元素在不同分异交代带中的含量是不同的,交代作用的强弱直接影响其含量的变化。钽含量随着钠长石化、锂白云母化、锂云母化作用的增强而急剧上升,在强钠长石化、锂白云母化、锂云母化花岗岩带中达到最大富集。而铌富集与钠长石化、黑磷云母化有关,其含量在各带中比较稳定,随着交代作用的强化而稍有降低。 $\text{Ta}_2\text{O}_5/\text{Nb}_2\text{O}_5$ 比值随着岩体中钠长石化、锂白云母化、锂云母化的加强而明显上升。

锂、铷、铯含量从黑云母花岗岩带→弱钠长石化花岗岩带→强钠长石化、锂白云母化、锂云母化花岗岩带呈明显增加的趋势。但是锂增加的幅度取决于锂云母化作用的强度。在强锂云母化带中,锂含量增加的幅度最显著;在含锂白云母化带中锂含量增加最少。稀土元素和锆含量由黑云母花岗岩带、黑磷云母花岗岩带→强钠长石化、锂云母化花岗岩带而显著降低;只有铷是随着锂云母化的加强而明显增加,随着含锂白云母化的加强而逐渐降低。

研究了南岭区域的有代表性的稀有金属花岗母岩体各个相带的岩石性质、岩石化学、主要造岩矿物、副矿物以及成矿元素的分异演化资料以后,使我们完全有理由认为,这些稀有金属花岗母岩体不同相带分异演变的特征和复式岩体内不同期岩体以及区域从老到新的岩浆

旋回分异演化的特征基本上是一致的。如果说复式岩体分异演变的最后结果是产生出稀有金属花岗母岩小岩体,那么母岩小岩体分异演化的结果则是最后形成母岩体上部的稀有金属矿化。并且以其为中心,在外接触带形成明显的金属矿化的带状分异,在外接触带的内带出现铍、铌、钽、钨、锡、钼、铋和氟的矿化带,在外接触带的外带则出现铜、铅、锌、锑、汞的中低温热液矿化带。如千里山花岗岩和 430 岩体等。

7. 许多富钽、铌的稀有金属花岗母岩往往同时又是钨锡石英脉矿床的母岩,这证明两者之间有非常密切的成因联系。但这并不等于说凡是钨锡石英脉矿床的母岩就都是富钽花岗岩,出现这种情况是和一定的地球化学背景有关的。前已述及在南岭花岗岩中的各个稀有金属花岗母岩中,随着强烈的钠长石化、锂白云母化、锂云母化的发育,钽、铌含量和 Ta_2O_5/Nb_2O_5 的比值就显著增加,只是在似伟晶岩带钽的含量才显著降低。到了钨锡石英脉成矿阶段,钽、铌不再以独立的矿物形式出现,而是主要呈类质同象状态进入黑钨矿和锡石等矿物中。这从南岭区域凡是在其根部隐伏有富钽花岗母岩的钨锡石英脉矿床中,黑钨矿、锡石普遍含钽、铌、钷可以得到证明。当钨锡石英脉矿床的深部隐伏有富钽花岗母岩时,钨锡石英脉矿床中的黑钨矿、锡石内含钽、铌、钷的量就会明显比无隐伏富钽花岗母岩的钨锡石英脉矿床中的黑钨矿、锡石含钽、铌、钷的量要高得多,而且越接近隐伏的富钽花岗母岩体,钨、锡矿物的铌、钽含量就会愈明显增加(表 2)。

不同类型围岩中黑钨矿、锡石内钽、铌、钷含量比较表

表 2

成 分	围 岩 矿 物 区 数	深部无隐伏含矿 母岩的外接触带		隐伏有含钽铌花 岗岩的外接触带		含铌钽花岗岩		一般花岗岩	
		黑钨矿	锡石	黑钨矿	锡石	黑钨矿	锡石	黑钨矿	锡石
		20	7	3	2	1	1	9	2
Ta_2O_5		0.0234	0.050	0.359	0.167	4.25	1.89	0.136	0.066
Nb_2O_5		0.1696	0.123	0.589	0.555	2.25	1.07	0.635	0.102
Sc_2O_3		0.008	0.0085	0.0295	0.108			0.0113	0.0048
Ta_2O_5/Nb_2O_5		0.14	0.38	0.60	0.27	1.89	1.77	0.21	0.65

例如大吉山钨矿区,中组黑钨矿石英脉深部隐伏有含铌、钽、钨、铍的细粒白云母花岗岩,通过对本组石英脉中的黑钨矿的钽、铌含量的分析研究,证明距富钽母岩体越近,其黑钨矿和锡石中的铌、钽含量就越高。而另两组深部没有隐伏富钽母岩的黑钨石英脉中的黑钨矿,其钽、铌含量就低得多,其中钽低3—10倍,铌低1/4到5倍。

在 410 矿区的南区,没有隐伏的含矿母岩,其外接触带含钨石英脉中黑钨矿含铌、钽极微;在隐伏有富钽花岗岩体的北区外接触带石英脉中黑钨矿含铌即增为0.02%,愈近含钽花岗岩,铌、钽含量愈增高,进入含矿母岩中的石英脉内外的黑钨矿 Ta_2O_5 含量竟高达4.25%, Nb_2O_5 含量为 2.25%, Ta_2O_5/Nb_2O_5 比值为1.89。

上述情况说明,钨、锡和铌、钽是紧密共生的,它们之间的矿化没有截然的界线,而是过渡关系。可以认为早期的以钽、铌矿化为主的花岗岩体中已开始了钨的矿化,而晚期的以

钨、锡矿化为主的石英脉中，则是富钽花岗岩的铈、钽矿化的延续，只不过钽、铈的赋存状态已经改变，即从独立矿物形式转成类质同象状态分散在钨矿物中。

8. 含矿母岩分异演化的最后结果，不但形成了稀有金属矿化，也形成了以母岩为中心的金属矿化的带状分布。例如430矿区，围绕含矿花岗岩母岩体，空间上存在由稀土→铈-钽→铍→钨→铅-锌的带状分布现象；时间上存在由稀土→铈-钽→铍→钨→铅-锌的矿化序列。千里山岩体形成由稀土→铈-钽→钨-钼-铋→钨-铋→锡→铜-铅-锌-锡→铋-汞的带状分布，在内接触带它们与母岩结晶分异和交代形成的各个相带的分布基本一致，唯有在外接触带越出了母岩的范围。西华山、大吉山、414、410等都具有类似的矿化带状分布特征。总的规律是以母岩为中心，由下到上，由中心向外，形成由铈族稀土→钇族稀土→铈-钽→钨-钼-铋→钨-铋-铍→锡→铅-锌-铜→铋-汞的矿化系列和矿化的带状分布。

参 考 文 献

- (1) 全国稀有元素地质会议论文汇编组 1974 全国稀有元素地质会议论文集 第1、2集 科学出版社 地质出版社
- (2) 南京大学地质系花岗岩、火山岩及成矿理论研究组 1980 中国东南部花岗岩类的时空分布、岩石演化、成因类型和成矿关系的研究 南京大学学报(地质专辑)

ON DIFFERENTIATION AND EVOLUTION OF COMPLEX GRANITES AND GRANITIC PARENT ROCKS OF RARE METALS IN NANLING REGION

Tu Yingwei

(Geological Bureau of Hunan Province, Ministry of Geology and Mineral Resources)

Abstract

1. The composite granites in Nanling region all underwent rather thorough differentiation during hundreds of million years to over one thousand million years of evolution. This evolution was controlled by certain regularity which might find its expression in the following facts. In an area where diverse intrusives make up a composite granite, with the advance of geologic time, magmatic intrusions were gradually reduced in scale, intrusive bodies occurred at shallower and shallower depths, metasomatism grew stronger and stronger, and rock-forming minerals, accessory minerals and metallic minerals appeared in greater and greater diversities. Petrochemically, granitic rocks of different periods tended to be gradually depleted in Ti, Fe, Ca, Mg and enriched in SiO₂, alkali-metals, rare elements and volatile mineralizers such as F, Cl, B and

CO₂. Rare elements were originally extracted through migmatization from source bed, then migrated and concentrated in the mixed granitic magma where they were extracted again during the plane-form alkali replacement. Later, these ore-forming elements accumulated and ascended towards the top of the late stage Yenshanian granitic magma, forming successively numerous granitic parent rocks of rare metals.

2. By the time granitic parent rocks of rare metals formed, the rare element abundances of these rocks had already become several times, tens of times or even hundreds of times higher than those of ordinary granites. These rocks, being usually small stocks or dykes located at the shallow part of the composite granites, are characterized by poorer Ti, Fe, Ca and Mg and richer SiO₂, alkali-metals, volatiles, mineralizers and rare elements. With the progress of such metasomatism as potash-feldspathization, albitization and greisenization developed through permeation along cracks of parent rocks, the intrusive bodies altered in upward succession from coarse-grained porphyritic biotite granite through medium-grained microporphyritic muscovite-biotite granite to fine-grained muscovite granite. In the upper part of the last granite, albitization, lepidolitization, lepidolite-muscovitization and greisenization gradually intensified, accompanied by a tremendous increase in Na-, Li-bearing minerals of late generation in place of the early stage potash-feldspathization, causing a tendency of Na₂O > K₂O. The whole process of the evolution of these granitic parent rocks of rare metals were essentially another process of extraction, migration and concentration of rare elements which led to the formation of Ta-rich rare metal deposits in the intense albitization, lepidolitization and lepidolite-muscovitization zones. Such a metallogenic process could be observed from place to place in the whole Nanling region, which ultimately gave rise to large-scale extensive and intense rare and nonferrous metallization of middle and late Yenshanian period, and produced in time and space genetic zoning of a series of mineralizations surrounding granitic parent rocks of rare metals, together with lots of primary geologic and geochemical indicators which play a substantial role in the search for ore deposits of rare and nonferrous metals in the whole region.