

略论华南中生代花岗岩成矿系列

章 崇 真

(江西冶金地质勘探公司地质研究室)

随着矿床成因和成矿规律的深入研究,矿床分类学从单一矿种、单一类型的描述和归纳,发展到成矿系列的研究已成为必然的趋势。自五十年代以来,我国矿床学家就已经注意到某些不同矿种、不同类型矿床之间的成因联系,以及它们在时间上的演化规律和空间上的分带性^[1-6]①。1978年程裕淇等提出成矿系列的概念^[7]。在其后的一些学术会议上,不断有人论及各种矿床的成矿系列、成矿模式或矿床组合问题。最近,程裕淇等又对成矿系列问题作了比较全面的研究^[8]。笔者亦曾对华南花岗岩成矿系列作过初步探索②,其后又对一些典型矿田作了野外调查和研究。本文在上述基础上讨论华南中生代花岗岩成矿系列及其有关问题。

一、华南中生代花岗岩类基本特征

华南中生代花岗岩类分布广泛,常呈大的岩带展布,且自北西大陆一侧向南东海洋一侧有从老变新的趋势。岩浆活动与断裂构造关系密切。岩带的展布方向、岩体的长轴方向以至岩枝、岩墙的伸展方向均分别受不同方向、不同级别的断裂所控制。

华南中生代花岗岩类绝大多数是岩浆侵入体,而且明显地分为两个不同的成岩成矿系列③。我们根据地质、岩石和地球化学方面的特征暂称其为花岗闪长斑岩系列和花岗岩系列,本文讨论范围限于后一系列。现将两者对比如表1。其中以岩石组合及其演化序列,岩体

华南中生代花岗岩类两个成岩成矿系列主要特征对比①

表 1

系 列	花 岗 闪 长 斑 岩 系 列	花 岗 岩 系 列
岩石组合及其演化序列	石英闪长岩、石英闪长玢岩—花岗闪长岩、花岗闪长斑岩—二长花岗岩、二长花岗斑岩—花岗斑岩、石英斑岩。常伴有爆破或隐蔽爆破的角砾状岩石;常与陆相火山岩有成因联系	花岗闪长岩—(黑云母→白云母)二长花岗岩—(黑云母→白云母)花岗岩—(白云母或锂云母)富钠长石的碱长花岗岩。很少伴随火山一次火山岩
时空分布	以长江中下游为代表,沿深断裂带展布。生成时代主要为燕山中晚期。	以南岭及其邻区为代表,多平行大陆边缘呈带状分布。生成时代以燕山早、中期为主,自北西向东南有变新趋势

① 全国稀有元素地质会议论文集和江西省地质局资料

② 章崇真1979年资料

③ 据中国科学院贵阳地球化学研究所、江西省地质局、冶金部南岭钨矿专题组、刘家远等1979年资料以及徐克勤、章崇真1980年资料

续表

系 列	花 岗 闪 长 斑 岩 系 列	花 岗 岩 系 列
形态规模 产 状	多呈快速被动侵位的漏斗状小岩筒,少数岩墙、岩床、岩株。面积一般小于1平方公里。深部未发现有成因关系的大岩基	早阶段多大岩基,晚阶段以不同程度侵位的岩株为主,面积大于10平方公里。演化程度较高的岩枝、岩瘤常小于1平方公里,多产于岩基、岩株周边或上方,与其直接相连
岩石结构	斑状结构为主,斑晶多受熔蚀,深部出现似斑状结构	等粒结构或似斑状结构为主
造岩矿物	石英小于30%,钾长石少于斜长石。钾长石以正长石为主,有时出现透长石。斜长石 An 大于20(斑晶35—45)。云母以黑云母为主,常出现角闪石	石英大于30%,钾长石多于斜长石。钾长石以微斜长石及微斜条纹长石为主。斜长石 An 小于20,且向晚阶段减小,最后出现大量钠长石。黑云母向白云母或锂云母演化
副 矿 物	成分简单,以磁铁矿、榍石、磷灰石、锆石为主,个别晚阶段岩体富钛铁矿。常含黄铁矿、黄铜矿、闪锌矿、自然银等	成分复杂,早阶段多榍石、磁铁矿、钛铁矿、独居石、磷钇矿、磷灰石等;晚阶段多锆石、石榴石、黄玉、萤石及稀土、铌、钽、钨、锡、铍矿物
岩石化学	SiO_2 小于70%, $R_2O:RO = 1.00$ $TiO_2 \times 10^3:SiO_2 = 6.58$, $K_2O + Na_2O = 6.47$, 贫 Si , 富 Ti 、 Fe 、 Mg 、 Ca 、 K 、 Na 略低	SiO_2 大于70%, $R_2O:RO = 2.88$ $TiO_2 \times 10^3:SiO_2 = 2.03$, $K_2O + Na_2O = 7.80$, 富 Si , 贫 Ti 、 P 、 Fe 、 Mg 、 Ca 、 K 、 Na 略高。以上特征在演化程度高的晚阶段岩体中表现尤为明显
微量元素	相对富含 Ni 、 Cr 、 Co 、 V , 代表整个演化系列的26个岩体平均: ΣNb 、 $Ta = 32ppm$ ΣLi 、 Rb 、 $Cs = 114ppm$ ΣNi 、 Cr 、 Co 、 $V = 163ppm$ 与铜矿有关岩体含 F 720—1050ppm, 稀土元素中 $\delta Eu = 1.12$ ②	相对富含 Nb 、 Ta 、 Li 、 Rb 、 Cs 、 F , 代表整个演化系列的33个岩体平均: ΣNb 、 $Ta = 144ppm$ ΣLi 、 Rb 、 $Cs = 1057ppm$ ΣNi 、 Cr 、 Co 、 $V = 94ppm$ 与稀土、铌、钽、钨有关岩体 F 含量 900—11226ppm, 稀土元素中 $\delta Eu = 0.17$ (明显亏损) ②
标型矿物	富镁黑云母③, 相对贫铁和稀土、铌、钽, 富含镁、钛及铜、镍、铬、钴、钒等	铁质黑云母和铁黑云母③, 相对富铁及稀土、铌、钽、钨、铍、锂、铷、铯等, 贫钛、镁、铜、镍、铬、钴、钒等
成矿环境	以富家坞斑岩铜矿为例: 成矿温度300—450℃, 成矿压力150—200大气压, 深0.4—0.6公里	大吉山花岗岩型矿床成矿温度277—334℃, 成岩温度500—545℃, 石英脉230—390℃(石英, 均一法)①②。漂塘石英脉成矿压力450—800大气压⑤, 盘古山石英脉中水晶形成压力360巴⑥, 成矿深度1—3公里。
稳定同位素	10个斑岩铜钼矿床统计: $\delta S^{34} - 2.8 - +7.5\%$ 2个矿区花岗岩 $\delta O^{18} + 11.41 - +12.67\%$ 5个岩体 $Sr^{87}/Sr^{86} 0.7024 - 0.7086$	16个石英脉型钨矿床统计: $\delta S^{34} - 6.9 - +6.4\%$ 6个矿区花岗岩全岩 $\delta O^{18} + 8.61 - +11.07\%$ 4个岩体 $Sr^{87}/Sr^{86} 0.7058 - 0.7153$
矿化类型	斑岩型—爆破角砾岩型—矽卡岩型—似层状浸染型—裂隙充填型, 有时伴有火山热液矿化 $Fe-Cu-Mo-W-Pb-Zn-Au-Ag$	花岗岩型—伟晶岩型—云英岩型—矽卡岩型—一条纹岩型—石英脉型—似层状浸染型 $REE-Nb-Ta-Be, Li-W-Sn, Mo, Bi-Cu, Pb, Zn-As, Sb$

①矿物成分及化学成分的统计还采用了部分勘探及科研报告中的分析成果; ②据伍东森; ③据洪大卫; ④据桂林冶金地质研究所; ⑤据曾庆丰; ⑥据蔡建明等

的形态、规模、产状、标型矿物及形成环境、成矿作用等方面的差别较为重要。矿物成分和化学成分的不同主要受两系列中岩石组合类型不同所控制。

综上所述,我们认为华南中生代花岗岩是地壳发育到成熟阶段,在断裂构造的诱导下,地壳不同部位岩石经熔融或部分熔融形成的中酸性—酸性岩浆沿构造带向上侵位而成。一个地区可以经历多阶段的深熔—重熔→侵位、混染和结晶分异的活动过程。

二、华南中生代花岗岩成矿系列典型实例

近十多年来,华南地区在钨、锡矿田中找到稀土、铌、钽、铍、锂矿化;在石英脉型矿床附近找到花岗岩型、矽卡岩型、云英岩型矿床已不乏其例;还有一些矿田正在陆续发现这种“多位一体”的成矿系列。程裕淇等的文章已列举了数例,笔者报道过的大吉山矿田亦属本系列的典型例子^[10,11],这里,我们再补充几个实例。

(一) 雅山^①

花岗岩株出露于加里东地槽褶皱带的震旦系浅变质岩中,自下而上为:粗粒黑云母二长花岗岩→中粒二云母二长花岗岩→细粒白云母花岗岩→细粒锂云母碱长花岗岩→似伟晶岩^②。碱性花岗岩形成于分异-交代阶段

(指处于相对封闭构造条件下富含挥发分和碱金属的晚期岩浆由岩浆晚期向岩浆期后的过渡阶段。在这一特定的地质条件下两者之间并无绝然的界线,由于结晶温度降低,岩浆分异充分,同时伴有明显自交代现象),伴随钠长石化、锂云母化晶出细晶石、铌钽铁矿,形成钽-铌-锂矿化。岩体边缘接触带附近产出石英脉型黑钨矿化。本区岩浆演化程度虽高,成矿系列却较为简单(图1)。综合表示如下:

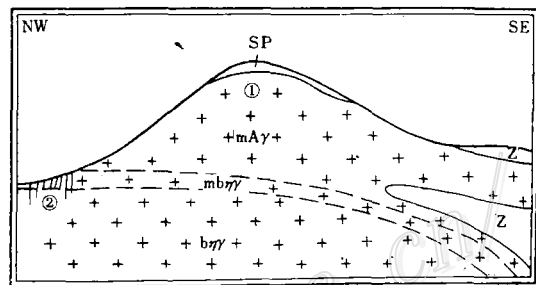
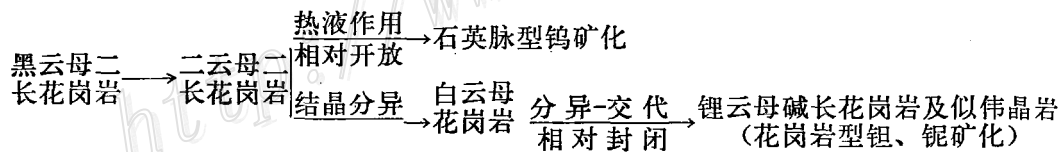


图1 雅山矿田矿床组合模型示意图

(据七队资料编绘)

bγγ 黑云母二长花岗岩; mbγγ 二云母二长花岗岩;
mAy 白云母碱长花岗岩; Sp 似伟晶岩; Z 震旦系砂板岩;
① 花岗岩型钽铌矿化; ② 石英脉型钨矿床



(二) 西华山

花岗岩株分布于寒武系浅变质砂、板岩中。复式岩体可划分为两期多次侵入:早期侵入时代为 $155-149 \times 10^6$ 年(作者和陈尊达等1976年野外调查取云母样,湖北地科所钾氩法测定,下同);晚期 $141-135 \times 10^6$ 年。岩浆演化程度较低,除最晚的花岗斑岩岩墙外,均属二长花岗岩

① 引用了江西冶金七队资料

② 本文花岗岩类命名采用经中国科学院贵阳地球化学研究所修改的国际地质学会火成岩体系小组委员会推荐的分类方案^[9],钾长花岗岩改称花岗岩

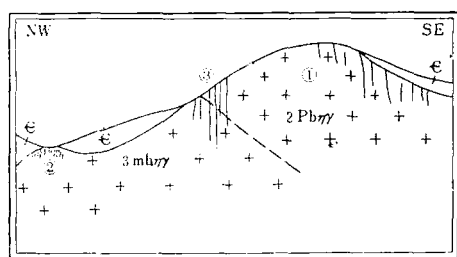
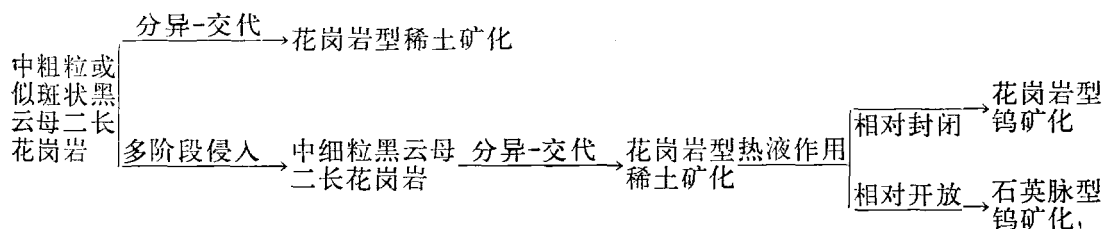


图 2 西华山矿田矿化组合模型示意图

2pbγγ 中粒似斑状黑云母二长花岗岩；3mbγγ 细粒二云母二长花岗岩；ε 寒武系砂板岩；① 花岗岩型稀土矿化；② 花岗岩型钨矿化；③ 石英脉型钨矿化

岩，较普遍地发育不同程度的钾长石化和不均一的弱钠长石化。岩体中含硅铍钼矿、氟碳钙铈矿、磷钼矿等稀土矿物。西北部外接触带中出露一个属第四次侵入的含石榴石黑云母二长花岗岩瘤，其中产浸染状黑钨矿，构成花岗岩型钨矿化。各期侵入体内接触带中均产黑钨矿石英脉（极少数贯入外接触带中），成矿时代为 $141-131 \times 10^6$ 年，与晚期花岗岩形成时代相当。本矿田成矿系列如下（参见图2）：



（三）灵山

与成矿有关的灵山岩体分布于晋宁期褶皱带的早古生代沉降区中，围岩为地台型沉积的震旦—寒武系千枚岩、板岩和石灰岩。岩体中心为粗粒似斑状含角闪石黑云母二长花岗岩，边部为粗粒黑云母花岗岩。西南边缘由于较强的分异-交代作用，伴随铁锂云母化和钠长石化形成铌铁矿、铌钽铌矿和锆石矿化。外接触带的伟晶岩中亦含铌钽铌矿、铌铁矿、锆石。从花岗岩与伟晶岩主要矿化特征的对比（表2）可知伟晶岩演化程度高于含铌花岗岩。岩体西约4公里发现一隐伏的铁锂云母碱长花岗岩小侵入体，钠长石化强烈，延深达数百公尺，深部相带尚未揭露。顶部迭加强烈云英岩化。岩体中富含细晶石、铌钽铁矿、黄玉、萤石，伴生锡石、黑钨矿、辉钼矿、闪锌矿。局部有石英细网脉充填。岩体上方及侧方发育石英细网脉及大脉。前者金属矿物以黑钨矿、锡石为主，伴生辉钼矿、黄铜矿、闪锌矿；后者多黄铜矿、方铅矿、闪锌矿，伴生黑钨矿、黝锡矿。两者均含较多黄玉、云母、萤石等富含挥发分矿物。花岗岩与碳酸盐岩石接触处产生矽卡岩化及铜锌矿化。本矿田岩浆演化程度较高，

灵山岩体花岗岩与伟晶岩主要矿化特征对比①

表 2

矿化特征	含铌花岗岩	含铌伟晶岩	含铌钽伟晶岩
主要稀有元素矿物	铌铁矿、锆石、钽石	铌铁矿、锆石、钽石、铌钽铌矿	铌钽铌矿、铌铁矿、锆石
岩石中 Nb_2O_5/Ta_2O_5	15	15—5	5—1
铌铁矿中 Nb_2O_5/Ta_2O_5	28.8	15.76	8.54
锆石中 ZrO_2/HfO_2	22.3	20.0	10.7

① 据913队资料

富挥发分及碱金属, 围岩为地台型沉积建造, 成岩成矿过程中构造活动频繁, 成矿系列比较完全 (图3):

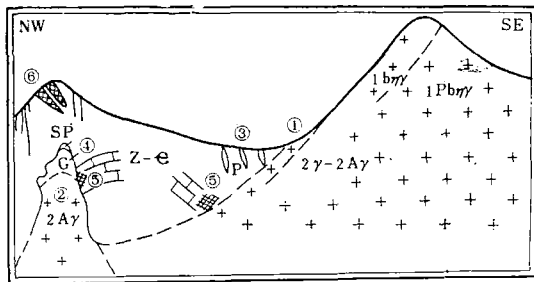
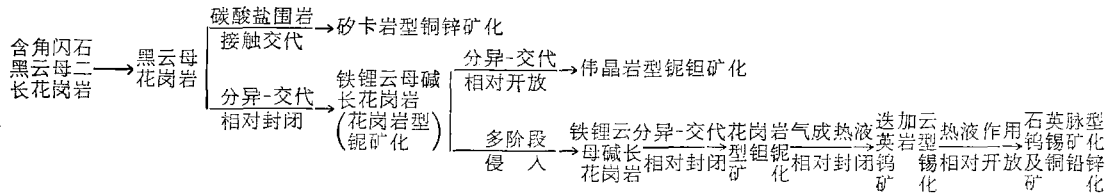
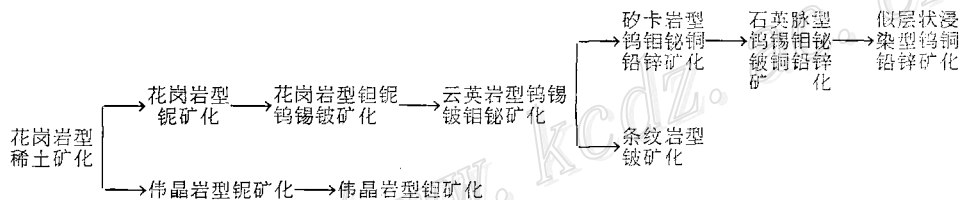


图 3 灵山矿田矿化组合模型示意图

1pbγγ 粗粒似斑状黑云母二长花岗岩; 1bγγ 粗粒黑云母二长花岗岩; 2γ-2Aγ 中粒铁锂云母花岗岩及碱长花岗岩; p 伟晶岩; sp 似伟晶岩; G 云英岩; Z-e 震旦-寒武系千枚岩、板岩、石灰岩; ① 花岗岩型钨矿化; ② 花岗岩型钨钼 (钨锡) 矿化; ③ 伟晶岩型钨钼矿化; ④ 云英岩型钨钼钨矿化; ⑤ 矽卡岩型铅锌矿化; ⑥ 石英脉型钨钼钨矿化

三、华南中生代花岗岩成矿系列的控制因素

程裕淇等最近对成矿系列的概念作了详细论述^[8]。本文所讨论的华南中生代花岗岩成矿系列包括在成因上与同一岩浆源的发展演化有直接或间接的联系, 且往往在成矿时间上有一定顺序性, 在空间分布上有一定分带性的不同矿种、不同类型的矿床组合。原则上按时间上从早到晚, 空间上自下而上的顺序排列, 华南花岗岩成矿系列发展演化的一般模式为:



根据对一些典型矿田的研究和对华南本系列主要矿区的资料分析, 可以综合出十余种不同矿化类型或不同矿种的矿化组合形式, 但尚未发现如上述理想模式般的完整系列, 表明同一成矿系列中的矿化并非在任何条件下都能同时形成, 而是在一定的地质条件下, 只能产生一定的矿化组合。另一种情况是在特定的地质构造发展演化背景下, 属于不同成矿系列的矿化, 有时候也可能在空间上密切伴生。例如广东大宝山, 据曾世伟的研究^①, 中泥盆世海相火山作用形成火山沉积层状多金属硫化物矿床和黄铁矿、菱铁矿层, 其上迭加与早白垩世火山活动有关的细脉浸染状矿化, 晚白垩世伴随花岗闪长斑岩形成斑岩型钨、钼矿化, 第四纪由于风化淋滤作用, 产生大型铁帽矿床。这是一个不同成矿系列和不同成因类型矿化在空间上伴生, 构成一个复合迭加矿化组合的典型例子。以上两种情况向我们提出的问题是: 在什

① 据曾世伟1979年资料

么样的地质条件下,能够出现什么样的矿化组合,这就是一定地质条件下的矿化组合模型的概念。如果说成矿系列研究的是各种矿化之间在成因及时间、空间上的发展演化的共同规律的话,矿化组合模型研究的重点则是构成一定的矿化空间伴生关系的具体的地质条件。

影响华南花岗岩成矿系列的发育程度和各个具体的矿田中各种矿化的组合形式的因素是十分复杂的,这里只能对其中的主要因素作一初步分析。根据对一些典型矿田的研究,在一定的地质构造背景和成矿元素具有一定丰度的前提下,主要控制因素是岩浆发展演化程度,围岩时代和岩性,成矿过程中的构造环境以及三者之间的相互配合。

1. 花岗岩的发展演化

华南中生代与成矿有关的花岗岩具有明显的演化规律已是众所周知的事实,这种同源演化主要受多阶段深熔—重熔侵位和岩浆结晶分异作用所控制。许多矿田的实际资料表明,这种演化规律集中表现为:①岩体规模从大到小,岩石结构从粗到细,岩浆侵位从低到高;②斜长石含量减少,牌号降低,黑云母向白云母或锂云母演化;③副矿物从富含磁铁矿、钛铁矿、榍石、独居石、磷钇矿、磷灰石、褐帘石演化为富含黄玉、萤石、石榴石和铌钽、钨、锡矿物,许多矿物的标型特征也随之发生规律性演化;④平均化学成分向着阳离子半径增大,电价、电位、能阶及平均原子量减小的方向演化,总的趋势是一价阳离子增加,二价和高价阳离子中的 Fe^{3+} 、 Ti^{4+} 、 P^{5+} 减少^[11];⑤微量元素出现 $\Sigma\text{Ce}\rightarrow\Sigma\text{Y}\rightarrow\text{Nb}\rightarrow\text{Ta}\rightarrow\text{Li}$ 和 $\text{Zr}\rightarrow\text{Hf}$ 的富集序列;⑥石英中气液包裹体数量、大小及气液比逐渐升高,成岩成矿温度降低^[12,13]。伴随岩浆演化,成矿作用、矿床类型和成矿元素亦发生相应的变化。因此,成矿系列的发育程度和矿化的组合形式与花岗岩的演化程度有密切关系。

2. 围岩时代和岩性

综合华南花岗岩成矿系列发育情况与围岩的关系,可以分为两种情况:①侵入于地槽型类复理石建造的硅铝质岩石中的矿化组合;②侵入于地台型砂页岩及碳酸盐建造中的矿化组合。

例一及例二属于第①种情况,由于岩浆发展演化程度不同,出现两种不同的矿化组合模型:a.岩浆演化程度较高,如例一。这时,随着构造条件的变化,在岩体内可以生成花岗岩型稀土、铌、钽、钨、锡、铍、锂矿化或云英岩型钨、锡矿化;内、外接触带可能出现伟晶岩型铌、钽矿化和各种岩浆期后充填型矿化。除寒武系上部存在似层状白钨多金属矿化之外,似层状浸染型矿化一般不发育。因缺少碳酸盐地层,各种以交代作用为主的矿化亦不多。b.岩浆演化不完全,往往只到二长花岗岩或黑云母花岗岩阶段,如例二。这时一般不出现铌、钽矿化,岩体内伴随钾长石化有时生成稀土矿床或浸染状钨矿化。后者和碱长花岗岩中的钨矿化不同,一般不伴随钠长石化和铌、钽矿化。岩体内、外接触带可能出现裂隙充填型钨、锡矿化。

例三以及个旧、大厂、柿竹园等^[8]属于第②种情况,由于花岗岩浆侵入具有不同地球化学背景的不同层位的矿源层中,因而出现许多与之有一定联系的复合、迭生矿化^①。根据岩浆发展演化程度同样可以分为两种矿化组合模型:a.岩浆演化程度高,当构造条件有利时,能够发育成完整的成矿系列:岩体内的花岗岩型稀土、铌、钽、铍、锂矿化和云英岩型钨、

① 柿竹园及湘南某些矿田中出现的花岗斑岩、石英斑岩等是否属于花岗岩闪长斑岩系列及其与铜、铅、锌等矿化的关系有待进一步研究

锡、铍、锂矿化；岩体内、外接触带的伟晶岩型稀有元素矿化和各种裂隙充填型有色金属矿化；外接触带砂卡岩型、条纹岩型及似层状交代（充填）的钨、锡、铍、钼、铋、铜、铅、锌等矿化。由于某些成矿元素在地壳发展演化过程中可以沿着外生作用的途径富集，或富集于火山沉积物中，构成不同时代的矿源层，因而常在远离接触带的一定层位中出现与花岗岩浆的侵入作用有关的沉积再造钨、锡、铜、铅、锌、锑、砷等矿化，矿种与矿源层的层位和区域地球化学背景有关。华南加里东地槽褶皱带中自西南向东北值得注意的矿源层（与本系列有关的）有：广西下泥盆统莲花山组，中泥盆统东岗岭组，粤北、湘南的下一中泥盆统桂头群或跳马涧组、东岗岭组或棋子桥组及上泥盆统天子岭组，湘南、赣南的下石炭统石磴子组、测水组、梓山组，赣中、北的中石炭统黄龙组等。b. 岩浆演化只到二长花岗岩或花岗岩阶段，岩体内只可能出现花岗岩型稀土或钨、锡矿化以及云英岩型钨、锡矿化。岩浆期后在岩体内、外接触带中发育的矿化组合与 a 相同。

3. 成矿时的构造环境

与花岗岩有直接成因联系的本系列矿化的形成方式在很大程度上要受成矿时母岩所处的构造环境所制约，岩浆演化至不同阶段处于相对封闭或相对开放的构造条件下形成的矿化类型不同。例如当演化程度较高的碱长花岗岩进入岩浆晚期至岩浆期后的分异—交代阶段时，如果母岩浆处于相对封闭条件下，成矿元素只能聚集在其顶部，随着物理化学条件的变化伴随碱交代晶出金属矿物，形成花岗岩型铌、钽、钨、锡、铍、锂等矿化；同一阶段当母岩浆处于相对开放条件下时，含矿的残余熔体—溶液贯入构造空间，则形成伟晶岩型矿化。气成

华南花岗岩成矿系列在不同地质条件下的矿化组合模型

表 3

岩浆演化条件	围岩条件	构造条件	典型矿化组合模型
I 岩浆演化完全	I A 地槽型类复理石建造的硅铝质岩石	I A ¹ 相对封闭	成矿作用主要发生于岩体中。以花岗岩型、浸染状云英岩型 REE、Nb、Ta、Be、Li、W、Sn 等矿化为特征。可能出现伴随岩浆期后各种热液蚀变的脉状浸染状有色金属矿化
		I A ² 相对开放	成矿作用主要发生于外接触带，以伟晶岩型 Nb、Ta 矿化，脉状云英岩型和各种裂隙充填型有色金属矿化为主。可能出现似层状充填—交代或沉积再造矿化
	I B 地台型砂页岩及碳酸盐建造	I B ¹ 相对封闭	与 I A ¹ 基本相似
		I B ² 相对开放	除 I A ² 所具有的矿化组合之外，在外接触带中广泛发育砂卡岩型、条纹岩型以及各种岩石中的似层状充填—交代或沉积再造有色金属矿化
II 岩浆演化不完全	II A 地槽型类复理石建造的硅铝质岩石	II A ¹ 相对封闭	一般只出现岩浆演化早阶段相应的花岗岩型 REE 矿化及岩浆期后的花岗岩型、浸染状云英岩型 W、Sn、Mo、Bi 等有色金属矿化
		II A ² 相对开放	脉状云英岩型及各种裂隙充填型 W、Sn、Mo、Bi 等有色金属矿化。可能出现似层状充填—交代或沉积再造矿化
	II B 地台型砂页岩及碳酸盐建造	II B ¹ 相对封闭	与 II A ¹ 基本相似
		II B ² 相对开放	除了 II A ² 所具有的矿化组合之外，可以形成砂卡岩型、条纹岩型、似层状充填—交代或沉积再造的 W、Sn、Be、Cu、Pb、Zn、Sb、As 等稀有、有色金属矿化

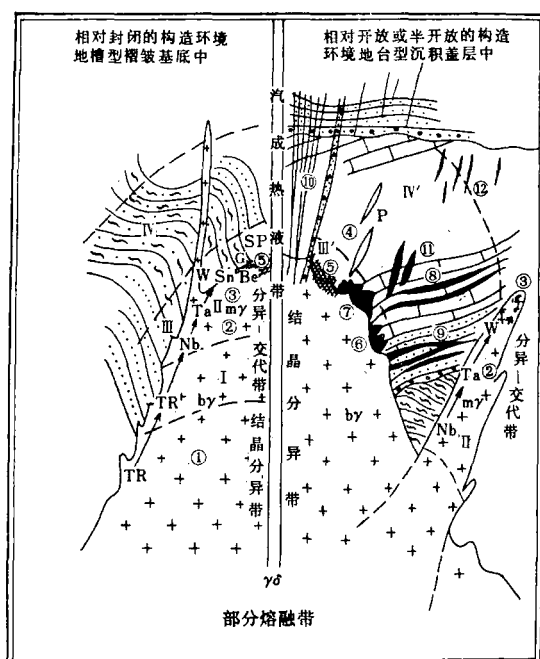


图4 华南中生代花岗岩成矿系列(矿床组合模型)综合示意图

(以华南加里东地槽为例)

δγ—花岗岩闪长岩; bγ—二长花岗岩或黑云母花岗岩; mγ—白云母或锂云母碱长花岗岩; P—伟晶岩; SP—似伟晶岩; G—云英岩; I—钾长石化带; II—钠长石、白云母或锂云母化带; III—角岩化带; III'—砂卡岩化带; IV—斑点状黑云母、绿泥石化带; IV'—大理岩化带; TR→Nb→Ta→W、Sn、Be成矿作用的演化; ①—花岗岩型稀土矿化; ②—花岗岩型钨钼矿化; ③—花岗岩型钨锡矿化; ④—伟晶岩型钨钼铍矿化; ⑤—云英岩型钨锡铍矿化; ⑥—砂卡岩型白钨多金属矿化; ⑦—条纹岩型钨矿化; ⑧—似层状交代或沉积再造白钨多金属矿化; ⑨—似层状细网脉浸染型钨锡矿化; ⑩—裂隙或破碎带充填型脉状钨锡钼矿化; ⑪—充填—交代白钨萤石矿化; ⑫—脉状铅锌铋矿化

程度更高的侵入体之外,其自身仍将继续向岩浆期后发展演化,生成一系列岩浆期后矿化。成矿系列的这种“多线发展”形式,导致一个矿田中可能出现不同序次、不同级别、不同矿种、不同类型,但互相之间却存在必然的内在成因联系的矿化组合。

3. 根据我们对华南地区钨锡矿化的统计,岩浆期后矿化多与演化较早阶段的二长花岗岩或黑云母花岗岩有直接成因联系。在一个演化完全的岩浆系列中,虽然晚阶段的碱长花岗岩也可能成矿,但主要的岩浆期后矿化仍然多是较早阶段的二长花岗岩或花岗岩的衍生物。因此,在演化早阶段或演化程度不高的岩体附近,不应忽视岩浆期后有色金属矿化的找矿远景。

4. 对与花岗岩成矿系列有关的沉积再造矿化应引起重视。除了砂卡岩型矿化之外,实际上在花岗岩侵入体的周围,大理岩、白云岩、石灰岩、砂岩、角页岩和火山沉积岩中都存在似层状的钨、锡、铜、铅、锌、铋等矿化。它们的形成机制有待进一步研究,我们认为下

热液阶段母体封闭条件好时,在岩体内分别形成面型浸染状云英岩型、石英细网脉浸染型矿化;构造裂隙发育,或围岩渗滤条件较好时,在外接触带形成各种裂隙充填型或接触交代及似层状充填-交代矿化。

根据上述主要控矿因素的相互配合,可将华南中生代浅源花岗岩成矿系列在不同地质条件下的矿床组合模型综合成表3及图4。

四、成矿系列的找矿意义

成矿系列的实践意义主要在于根据一定地质条件下的矿床组合模型中的矿化互为找矿标志。由于地质情况复杂多变,除应注意对成矿条件作具体分析之外,还应注意成矿过程中成矿条件的发展演化。

1. 华南与成矿有关的中生代花岗岩浆的发展演化以多阶段侵入为其显著特点。一个复式岩体往往由从早到晚的多阶段侵入体组成一个完整的演化系列。晚阶段演化程度较高的小侵入体有时产于主体的边缘(如灵山、大吉山矿田),有时产于早阶段花岗岩中(如红岭),成为隐伏岩体。在普查找矿工作中应根据构造-岩浆的发展演化方向,注意寻找这种隐伏的含矿岩体。

2. 每一演化阶段的岩浆除衍生出演化

列作用都可能与成矿有关：(1)岩浆期后气液沿一定的有利层位通过细微裂隙或粒间渗透形成充填或交代矿化；(2)岩浆加热的地下水的渗流作用促使矿源层中金属元素活化转移，聚集成矿；(3)上述两种作用相结合。必须强调的是，矽卡岩以外各种岩性地层中的白钨矿化往往被忽视，普查找矿时应特别注意。

5. 脉状矿体是重要的找矿标志之一。尤其是铜、铅、锌、砷、锑、黄铁矿等硫化物脉或含硫化物的石英、萤石、重晶石、碳酸盐脉，往往是本系列矿床最外带的矿化标志。必须指出的是：脉状矿体多是母体处于开放条件下的产物，其发育程度取决于构造裂隙的发育强度。因此，当脉状矿体规模不大时，不要轻易的对整个成矿系列作出否定的结论。这时，应注意其它类型的矿化，尤其是母体处于相对封闭条件下岩体内可能出现的矿化或有利层位中充填-交代或沉积再造的似层状浸染型矿化的找矿远景。

文中引用资料是华南广大地质工作者的劳动成果，成文后蒙陈毓川同志审阅，作者向他们致以深切的谢意。

主要参考文献

- 〔1〕 徐克勤 1957 湖南钨锰铁矿区中矽卡岩型钙钨矿的发现，并论两类矿床在成因上的关系 地质学报 37卷
- 〔2〕 闻广 1958 就岩石化学特征论花岗岩类成矿专属性 科学记录 新辑 2卷11期
- 〔3〕 郭文魁 1963 某些金属矿床的原生分带及其成因问题 地质学报 43卷 3期
- 〔4〕 闻广、闻铭 1963 再论岩浆成矿专属性 地质学报 46卷 4期
- 〔5〕 陈毓川 1965 广西某矿带矿床原生带状分布 地质论评 23卷 1期
- 〔6〕 长江中下游火山岩铁矿研究组 1977 玢岩铁矿—安山质火山岩地区铁矿床的一组成因模式 地质学报 1期
- 〔7〕 程裕淇等 1978 中国几组主要铁矿类型 地质学报 4期
- 〔8〕 程裕淇等 1979 初论矿床的成矿系列问题 中国地质科学院院报 1期
- 〔9〕 中国科学院贵阳地球化学研究所 1979 《华南花岗岩类的地球化学》 科学出版社
- 〔10〕 章崇真 1974 某地钽铌钨铍矿化花岗岩 地球化学 4期
- 〔11〕 章崇真 1975 某地钽铌钨铍矿化花岗岩岩石化学特征 地球化学 2期
- 〔12〕 卢焕章等 1974 华南某矿区成矿温度研究 地球化学 3期
- 〔13〕 卢焕章等 1975 某含钽钨花岗岩成岩成矿温度的研究 地球化学 第3期

A BRIEF DISCUSSION ON THE MINEROGENETIC SERIES OF MESOZOIC GRANITES IN SOUTH CHINA

Zhang Chongzhen

(Geological Research Section, Metallurgical-Geological Prospecting Company of Jiangxi)

Abstract

In south China, the Mesozoic granitoid as well as the related ore deposits can be classified into two petro-minerogenetic series: granodiorite porphyry

series and granite series. Marked differences between these two series can be discerned in such aspects as occurrences, morphological features, the association and the sequence of evolution of rocks, trace elements, mineralization, etc. Our observation and analysis of Mine 414, Xihuashan and some other typical ore fields suggest that the ore deposits related to the Mesozoic granitic rocks occur frequently in groups rather than in isolated condition. They are closely linked up with the evolution or the same magma reservoir, exhibit certain time sequence in their formation and display some zonation in their spatial distribution. Consequently, although of different kinds of ore and a variety of genetic types, they belong to one single minerogenetic series. With certain levels of ore-forming elements as a prerequisite, the development of granite minerogenetic series must have been governed mainly by the evolution of the magma, the age and lithological characters of the strata the magma intruded, the structural circumstances during mineralization as well as the coordination of these three major factors. For instance, supposing highly evolved magma intruded the carbonate formation of upper Palaeozoic era with its activity confined by relatively closed structural condition throughout the magma stage, the disseminated rare earth, niobium, tantalum, tungsten, tin and other mineralization of granite type were likely to form within the intrusion. But when the magma evolved to the post-magma stage and the structural condition was turned into an open one, the mineralization of tungsten, beryllium, molybdenum, bismuth, etc. of skarn type, ribbon rock type and quartz vein type would probably occur in the exocontact zone, stratoid tungsten and polymetal mineralization of disseminated type would appear some distance from the intrusion.

It is the author's opinion that the study of minerogenetic series may be of some practical significance in mineral exploration: after studying the distribution of various known mineral deposits, some reasonable presumption in the search for new ores could be made in the light of the conception of petro-minerogenetic series.