

## 华南与燕山期花岗岩有关的 稀土、稀有、有色金属矿床成矿系列

陈毓川

(中国地质科学院矿床地质研究所)

本文所述及的地区在地质构造上属黄汲清先生所划分的华南加里东褶皱带的范围<sup>[1]</sup>。该区在下古生代时期为冒地槽,志留纪时发生加里东运动,褶皱隆起,结束了地槽阶段。加里东运动之后,此区仍不断经受构造运动,成为比较典型的构造活化区。主要表现为:在海西时期一些地带强烈断陷,堆积了巨厚的沉积物,如湘南、河池—南丹等地区;印支—燕山时期,尤其是燕山时期发生了强烈的以断块运动为主的构造运动及岩浆活动,整个地区上升为陆,形成了目前所见到的加里东基底的隆起区及上古生代—中生代拗陷区,自东向西有闽西南上古生代拗陷(永梅拗陷)、闽西—赣南加里东基底隆起区、湘南—粤北—桂东北上古生代拗陷、桂西北上古生代拗陷(河池—南丹地轴边缘拗陷)、桂东南加里东基底隆起区(云开褶皱带)、桂西南三叠纪拗陷带(右江褶皱带)。隆起区以分布前泥盆纪的浅变质泥、砂质地层为主,紧密褶皱。上古生代拗陷区发育泥盆纪至石炭纪为主的碳酸盐地层,一般褶皱不强,而在地轴的边缘拗陷中则地层强烈褶皱。在桂东南右江三叠纪拗陷区,地层褶皱平缓,发育一些短轴褶皱构造,这与这里的基底相对稳定有关。本构造单元之北为江南地轴,分布有前寒武纪的四堡群、板溪群浅变质火山—沉积岩系。燕山时期强烈的岩浆活动以全区性的花岗岩浆的多次侵入为主要特色,向东至沿海一带有强烈的中酸性岩浆喷出一侵入活动。伴随燕山时期花岗岩浆的多次侵入活动,形成了大量的稀土、稀有、有色金属矿床。

对本区燕山时期构造活动、岩浆活动及成矿作用的综合分析,发现随着燕山时期构造运动的不断进行,花岗岩浆的不断演化及侵入,矿化元素及矿化特征亦随之而规律变化,形成了在空间、时间、成因上与中、浅成花岗岩有规律联系的稀土、稀有、有色金属(TR、Ta、Nb、Be、W、Sn、Bi、Mo、Cu、Pb、Zn、As、Sb、Hg)矿床成矿系列。

解放前后翁文灏、孟宪民、徐克勤、丁毅、郭文魁、康永孚、莫柱荪、苗树屏等对华南地区与花岗岩有关的稀土、稀有、有色金属矿床都做大量工作。五十年代以来,在本区工作的地质队做了大量的区域地质调查工作,大大提高了本区的地质研究程度。南京大学地质系、中国科学院地化所、中国地质科学院宜昌地矿所亦都做较多的地质研究工作。通过这些工作积累了丰富的资料,取得了许多规律性的认识:如确定了花岗岩的多时代、多期次、多成因;确定了稀土、稀有与钨等矿床之间的成因联系;比较详细地研究了矿床中的矿物、岩石、地球化学特征,提出了矿床原生分带及矿床空间分布的某些规律<sup>[2][3]</sup>;发现了花岗岩风化壳离子吸附型稀土矿床;提出了花岗岩型铀矿为地下水自花岗岩中汲取铀而多途径再沉淀



成因<sup>①</sup>。1979年程裕洪等提出矿床成矿系列概念,认为在一定的地质单元(三级或四级),一定的地质发展阶段,与一定的地质作用有关,形成相互有成因联系,具一定时、空分布规律的矿床组合,可称为一个成矿系列<sup>[4]</sup>。近年来莫柱荪、章崇真、花友仁、刘甲昆、王润民、王笃昭、夏宏远、杨超群、高秉璋等<sup>②</sup>都分别提出了有关的成矿模式(见表1)。

作者根据对一些矿区的工作以及前人积累的大量资料,认为可以把整个华南地区与燕山期花岗岩有关的稀土、稀有、有色金属矿床成矿系列综合成一个区域性成矿理想模式(图1),即在成矿花岗岩体上部与钾长石化有关的花岗岩型稀土(铈)矿床;岩体上部、顶部与钠长石化有关的铈、钽(稀土)矿床;岩体顶部及岩体接触带附近云英岩化带中的铈、钽、铍、钨、锡(铋、铌、钼)<sup>③</sup>矿床及似伟晶岩中的铈、钽、铍、钨、锡矿床;当围岩为碳酸盐地层时,外接触带内矽卡岩型钨、钼、铋、铍、铜、锌、锡矿床;在岩体内外及近岩

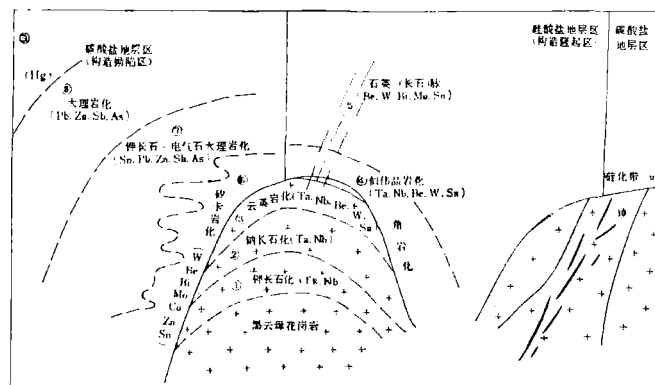


图1 华南与燕山期花岗岩有关的稀土、稀有、有色金属矿床成矿理想模式

Fig. 1. Ideal metallogenic model of rare-earth, rare metal and non-ferrous metal ore deposits in south China related genetically to Yenshanian granites.

1—花岗岩型稀土矿床、稀土铈矿床; 2—花岗岩型铈、钽矿床; 3—云英岩化花岗岩或云英岩, 其中产出两类矿床: 3-1—铈、钽、铍、钨、锡矿床; 3-2—石英-白云母(絹云母)网脉带中钨、铍、铌、钼、锡矿床; 4—似伟晶岩中的铈、铈、铍、钨、锡矿床; 5—气成高温热液石英-(长石)脉型钨、铍、铌、钼、锡矿床; 6—矽卡岩带中矿床, 可分两类: 6-1—矽卡岩钨、铋、铍、钼、锡矿床, 包括条纹岩铍矿床; 6-2—矽卡岩铜、锌矿床; 7—钾长石-电气石-大理岩化带中的矿床, 分两类: 7-1—高中温热液锡石-电气石-硫化物(铅、锌)网脉带矿床; 7-2—高中温热液锡石-硫化物(铝、锌、铋、钽)层间充填交代矿层及网脉、裂隙脉带矿床; 8—大理岩化灰岩中铅、锌、铋、钽矿床, 分两类: 8-1—中温热液方铅矿-闪锌矿脉带矿床; 8-2—中低温热液铅、锌、铋、钽硫化物、硫酸盐脉带矿床; 9—灰岩地层中低温热液辰砂矿床; 10—岩体内外中低温热液型黑钨矿-辉钨矿-石英脉和白钨矿-萤石-方解石脉; 11—花岗岩内硅化断裂带中低温热液铈矿床(图例说明兼图2)

体处的气成-热液型石英-(长石)脉或碳酸盐地层中交代-充填形成的似层状钨、锡、铍、(钼)、(铋)、(铜)、铅、锌、铋、钽矿床; 含矿岩体外围中低温热液型脉状铅、锌、铋、钽矿床及更外围的汞矿床; 在外围以某些复式花岗岩岩基为围岩的硅质脉型低温铈矿床。由于总体模式是从华南地区各种不同的地质条件所表现的不同矿化形式中的归纳, 因此, 在某一矿区不可能同时见到上述所有矿化, 但能见到其中的一部分矿化。

① 周维勋, 花岗岩铈矿床的成因模式; 杜乐天, 花岗岩型铈矿床成因模式

② 第二届全国矿床会议论文摘要汇编

③ 括弧表示此种元素有时不形成矿床

这个成矿系列是在华南加里东褶皱基底的构造范围内, 由于燕山时期花岗岩浆的多次活动而逐渐形成的。由于华南加里东褶皱基底在以后的地质年代中被构造活化, 形成断块性质的隆起与拗陷, 构成不同性质的次一级构造。另外, 燕山期花岗岩浆的活动是多阶段进行的, 并伴随各有某些特色的矿化。这些地质因素的结合, 使本成矿系列从燕山早期到晚期的形成过程中表现出明显的演化规律, 出现了构造、岩浆、矿化活动的阶段性。随着花岗岩成矿时代的变新, 矿化的元素逐渐变化, 活动中心在一段时间内有向西迁移的趋势。它们的演化可以分出互有成因联系的四个阶段, 相应地形成四个成矿亚系列:

**1. 第一阶段(燕山早期)** 发育于赣南、闽西地区加里东褶皱基底的隆起区, 分布有以硅酸盐类组成的浅变质地层。黑云母花岗岩为含矿岩体, 其同位素年龄为134—184百万年, 主要在160—180百万年间。矿化年龄为145—178百万年, 主要在160—178百万年间。一些主要矿区的同位素年龄数据见表2。此阶段矿化主要为钨、稀土、铌、钽、铍、铋、钼、锡, 以钨、稀土、铌、钽为主。如岩体上部与钾长石化、(钠长石化)有关的花岗岩型稀土、(铌)矿床; 岩体上部和顶部与钠长石化、(钾长石化)有关的铌、钽矿床; 岩体顶部云英岩化带中及似伟晶岩化带中的铌、钽、铍、钨、锡、(铋)矿床以及在岩体上部及围岩中以黑钨矿-石英(长石)脉带为主的钨、铍、铋、钼、锡矿床。这构成了本成矿系列最初的W、TR、Nb、Ta成矿亚系列。

第一阶段岩体及矿化年龄

表 2

| 矿 区               | 漂 矿               |                                         | 大 吉 山      |            | 西 华 山                            |            | 锯板坑        | 黄沙         | 荡 坪                    |
|-------------------|-------------------|-----------------------------------------|------------|------------|----------------------------------|------------|------------|------------|------------------------|
| 花岗岩年龄<br>(百万年)    |                   |                                         | 167        | 155<br>136 | 184、180、<br>165、160、<br>141、140、 |            | 134<br>177 | 160        |                        |
| 矿脉中白云母年龄<br>(百万年) | 167<br>160<br>162 | 175、170、<br>160、157、<br>145、110、<br>108 | 167<br>178 |            |                                  |            | 134<br>140 |            |                        |
| 测定单位及资料来源         | 地化所               | 宜昌所                                     | 地化所        | 桂林所        | 地化所                              | 王泽华<br>周玉振 | 戴茂瑞        | 陈尊达<br>胡立燧 | 荡坪钨矿、赣南地质<br>调查队, 1981 |

**2. 第二阶段(燕山早、中期)** 发育于湘南、粤北、桂东上古生代拗陷区, 此处在上古生代形成巨厚的碳酸盐沉积地层(D—C), 燕山早、中期的黑云母花岗岩穿入于这套地层之中, 含矿岩体的年龄为121—172百万年(表3)。此阶段的矿化为钨、锡、铅、锌、铌、钽、铍、铋、钼, 有时有锑、汞, 以前七者为主。如发育在岩体内与钠长石化、(钾长石化)有关的铌、钽矿床; 岩体与灰岩接触带上的矽卡岩化、石英-绢云母化(云英岩化)带中的钨、铋、铍、钼、锡矿床, 这里以白钨矿为主, 主要产于后来叠加在矽卡岩带之上的石英-绢云母网脉、细脉中, 并伴有绿柱石、辉铋矿、辉钼矿, 锡石较少; 在外接触带中有纹岩铍矿; 在近接触带的大理岩化灰岩中有锡石-电气石-硫化物细脉、网脉带或纹岩锡石-硫化物矿床; 在岩体及围岩中有时有黑钨矿-石英脉带; 在岩体外围断裂带中有铅、锌矿床; 更外围有时有锑、汞矿化。与上一成矿亚系列比较, 共有的主要成矿元素是钨, 明显的差异是

锡、铅、锌矿化的比重增加,均可形成独立矿床,稀土、铌、钽矿化的比重减少。如著名的柿竹园钨矿,其含矿岩体中稀土、铌、钽含量都很低,均构不成矿化,而在钨矿的外围形成独立的锡矿及铅、锌矿床。这是本成矿系列的第二个亚系列。

3. 第三阶段(燕山晚期) 于桂西北的河池—南丹地区最发育,属江南地轴边缘的拗陷带,发育一套巨厚的上古生代至早中生代的类复理石碳酸盐建造(D—T<sub>2</sub>),厚达8000米。燕山晚期的黑云母花岗岩及花岗斑岩穿入泥盆系中。含矿岩体的同位素年龄为91、107百万年。此阶段为锡石—硫化物铅、锌、铜、铋、砷、汞矿化,有少量钨。岩体接触带构成矽卡岩型铜、锌、(锡)矿床;在围岩中形成高中温热液充填—交代产出的似层状锡石—硫化物多金属矿床(Sn、Pb、Zn、Sb、As)、充填裂隙的网脉带、裂隙脉带锡石—硫化物、锡石—石英组合的矿床;在矿带外围泥盆系中有中低温热液型铅、锌、铋、砷矿床;在矿带外围泥盆—石炭系碳酸盐岩中有低温热液型汞矿床。钨矿化作为中低温的白钨矿—萤石—方解石脉、黑钨矿—辉钨矿—石英脉产于岩体附近,晚于锡石—硫化物多金属矿化,矿化强度有限。这是本成矿系列的第三亚系列,以其稀土、稀有、钨矿化不发育及锡、铜、铅、锌、铋、砷、汞的发育而区别于前两个亚系列。

4. 第四阶段(燕山晚期至喜山早期) 形成第四成矿亚系列——铀矿成矿亚系列。华南地区发育的花岗岩型铀矿,绝大多数产出于燕山期复式花岗岩大岩基中,矿化一般产于其中的酸性、超酸性小岩体内,受硅化的断裂破碎带控制<sup>①</sup>。铀矿形成年代经北京铀矿地质研究所同志的系统工作<sup>②</sup>,集中于86.73、67.25、47.61百万年,属燕山晚期至喜山期。在华南地区的很多矿区,都可以见到燕山期花岗岩浆活动的最后产物基性脉岩(辉绿玢岩、煌斑岩等),其形成都晚于钨、锡、铅、锌矿化。在区域上铀矿晚于基性脉岩,有的产于这种基性脉岩中。因此,铀矿形成的时间无疑是在稀土、稀有、钨、锡、铅、锌等矿化之后,是本成矿系列演化到最后阶段的产物。我们所以把铀矿化归入本成矿系列,是因为考虑到以下事实:铀矿与其它矿化一样都产于同一地质构造单元内;一定程度上受燕山期构造、岩浆活动、成矿作用的控制;在空间上与燕山期的花岗岩有密切关系,大多产在花岗岩内;在时间上比较有规律地出现在其它矿化之后。因此,铀矿化决不是本地区孤立的地质事件,而是本区整个地质—矿化演化中的一个环节。至于它们内在联系的直接证据还有待今后的研究,推测有几种可能:一种是花岗质岩浆在深部演化至最后阶段有铀的富集而成矿;另一种可能是,铀分散于早期形成的花岗岩岩体中,由于沿断裂带有溶液(多种成因的)活动,从花岗岩中汲取分散的铀,于硅化裂隙带中富集成矿。不论那一种可能,都与本区燕山期岩浆作用及其产物有关。

上述四个成矿亚系列的演化可以模式图加以表示(图2)。

这四个亚系列中前三个亚系列含矿岩体都是黑云母花岗岩,它们的岩石化学成分见表4,

第二阶段花岗岩年龄 表3

| 矿 区               | 柿 竹 园                  | 香 花 岭                                      |
|-------------------|------------------------|--------------------------------------------|
| 黑云母花岗岩<br>年龄(百万年) | 139 (中心相)<br>172 (边缘相) | 香花岭: 155、153<br>香花铺: 132、121<br>403 矿: 167 |
| 测试单位              | 宜 昌 所                  | 桂 林 所                                      |

① 广东省地质局705队1979年资料

② 据李耀松资料

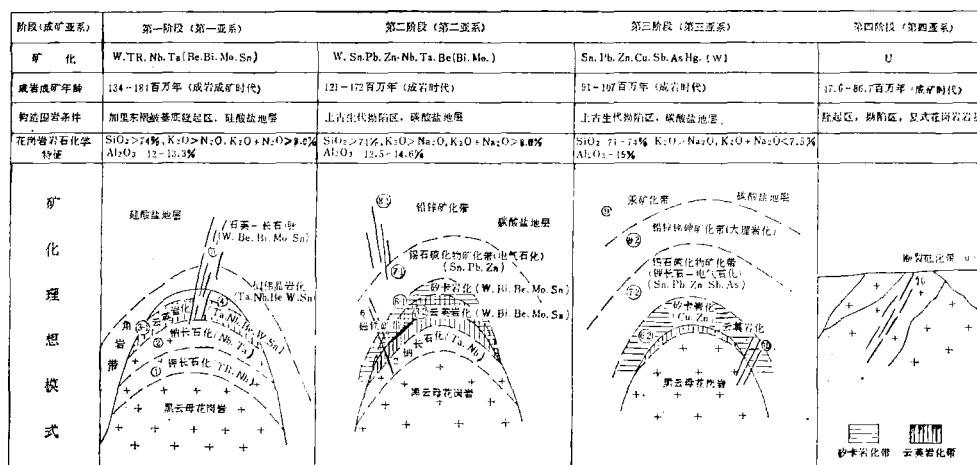


图 2 华南与燕山期花岗岩有关的稀土、稀有、有色金属矿床成矿系列演化图  
(图例同图 1)

Fig. 2. Diagram showing the evolution of the metallogenetic series of rare-earth, rare metal and non-ferrous metal ore deposits in south China related genetically to Yenshanian granites.

从岩石化学分析结果看, 化学成分是相似的, 二氧化硅含量比正常的花岗岩高, 一、二阶段的花岗岩含  $SiO_2$  一般在 74% 以上, 而第三阶段的花岗岩则酸度略有降低, 但  $SiO_2$  含量亦在 71—74% 间, 均属酸性花岗岩。花岗岩中普遍  $K_2O > Na_2O$ , 第一、二阶段花岗岩中  $K_2O + Na_2O$  含量达 8—8.7%, 比戴里的平均值高 0.5—1.2%, 但第三阶段与锡石-硫化物多金属矿化有关的黑云母花岗岩  $K_2O + Na_2O$  含量略低于戴里的平均值, 而  $Al_2O_3$  及  $FeO$  含量比一、二阶段的为高。总的说, 一、二阶段的花岗岩在岩石化学性质上更接近, 而第三阶段的花岗岩具有酸度、碱度降低的特点。联系到各阶段的情况, 则一、二阶段的矿化特征相对说较近似, 而第三阶段的矿化(以锡多金属为主)与前两阶段有较多区别。因此, 花岗岩浆的演化直接引起矿化的演变, 两者的联系是明显的。

可见, 华南与燕山期花岗岩有关的稀土、稀有、有色金属矿床成矿系列并不是简单地一次形成, 而是经历了一个过程, 这与区域的构造活动、岩浆及矿质的演化有关。总的趋势是岩浆与成矿活动首先在隆起区开始, 继而在拗陷区, 从矿化的第一阶段到第三阶段, 矿化活动中心由赣南—闽西经湘南—粤北至桂西北迁移。而成矿元素则以以下次序活动: W、TR、Nb、Ta、Be、Bi → W、Sn、Pb、Zn、Nb、Ta、Be、Bi、Mo → Sn、Pb、Zn、Cu、Sb、As、Hg → U。同时, 以目前所积累的地质资料, 亦可以见到从赣南—闽西向东至沿海亦存在岩浆活动、矿化活动中心迁移的事实。据福建省地质局资料<sup>①</sup>, 在福建西部与江西交接处的加里东褶皱基底中的花岗岩年龄, 以 195—148 百万年为主, 钨矿化强烈, 相当于赣南地区的情况; 往东至闽西南上古生代拗陷带, 花岗岩具有 164—123 百万年为主的年龄, 矿化以铁、锡、铅、锌为主; 再向东为火山岩带, 这些地区花岗岩的同位素年龄为 138—90 百万年, 铜、钼矿化有明显增强。区域矿化演化特征见表 5。这里所说的岩浆、矿化活动中心

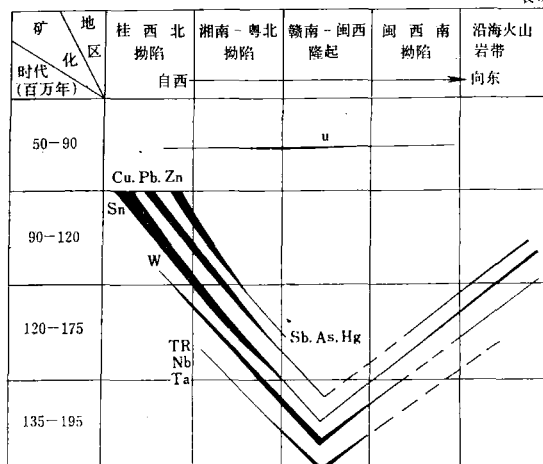
① 福建省地质局区划组 1979 年资料

| 燕山时期各阶段成矿系列的花岗岩化学成分 |                  |                              |                |                                                        |                  |                                |                                |      |      |      |      |                   |                  |
|---------------------|------------------|------------------------------|----------------|--------------------------------------------------------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|------|------|------|------|-------------------|------------------|
| 阶段                  | 构造位置             | 代表性岩体                        | 同位素年龄<br>(百万年) | 岩 石 化 学 成 分                                            |                  |                                |                                |      |      |      |      |                   |                  |
|                     |                  |                              |                | SiO <sub>2</sub>                                       | TiO <sub>2</sub> | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | FeO  | MnO  | MgO  | CaO  | Na <sub>2</sub> O | K <sub>2</sub> O |
| I                   | 加里东褶皱隆起区         | γ <sub>2</sub> <sup>2a</sup> | 184—180        | 74.59                                                  | 0.15             | 13.25                          | 0.45                           | 1.50 | 0.06 | 0.39 | 1.08 | 3.28              | 4.63             |
|                     |                  | γ <sub>2</sub> <sup>2b</sup> | 165            | 75.88                                                  | 0.06             | 12.63                          | 0.38                           | 1.19 | 0.09 | 0.13 | 0.70 | 3.78              | 4.25             |
|                     |                  | γ <sub>2</sub> <sup>2c</sup> | 160            | 75.61                                                  | 0.07             | 12.81                          | 0.84                           | 1.12 | 0.14 | 0.45 | 0.51 | 3.39              | 4.47             |
|                     |                  | γ <sub>2</sub> <sup>2d</sup> | 141            | 76.41                                                  | 0.04             | 12.83                          | 0.47                           | 0.96 |      | 0.10 | 0.36 | 4.13              | 4.00             |
|                     |                  | γ <sub>2</sub> <sup>2e</sup> | 140            | 76.27                                                  | 0.10             | 12.69                          | 0.27                           | 1.17 |      | 0.15 | 0.70 | 3.30              | 4.65             |
| II                  | 上 古 生 代 拗 陷 区    | 九龙岗黑云母花岗岩                    |                | 76.30                                                  | 0.04             | 12.11                          | 0.35                           | 0.79 | 0.14 |      | 0.74 | 3.83              | 4.57             |
|                     |                  | 佛山黑云母花岗岩                     |                | 75.61                                                  | 0.04             | 13.22                          | 0.58                           | 0.76 | 0.23 | 0.18 | 1.11 | 4.18              | 3.33             |
|                     |                  | 黑云母—长花岗岩<br>(中心相) γ(3)       | 139            | 75.27                                                  | 0.04             | 12.69                          | 0.23                           | 1.31 | 0.08 | 0.15 | 0.75 | 4.04              | 4.70             |
|                     |                  | 斑状黑云母—长花岗岩<br>(边缘相)          | 179            | 73.21                                                  | 0.18             | 12.88                          | 0.81                           | 1.72 | 0.14 | 0.33 | 1.23 | 3.01              | 5.36             |
|                     |                  | 麻状花岗岩(1)                     |                | 75.36                                                  | 0.03             | 12.54                          | 0.06                           | 1.71 | 0.04 | 0.08 | 0.51 | 3.84              | 4.79             |
|                     | ③ 香 花 岭          | 花岗岩(3)                       | 129            | 73.52                                                  | 0.17             | 12.71                          | 0.63                           | 2.17 | 0.17 | 0.31 | 0.91 | 2.81              | 5.35             |
|                     |                  | 石英斑岩(1)                      |                | 71.44                                                  | 0.09             | 14.61                          | 1.06                           | 1.61 | 0.21 | 0.66 | 2.70 | 0.15              | 4.97             |
|                     |                  | 狮子岭黑云母花岗岩                    | 153—155        | 74.34                                                  | 痕                | 13.87                          | 0.28                           | 0.50 |      | 0.29 | 1.26 | 4.27              | 4.84             |
|                     |                  | 花岗岩                          |                | 74.32                                                  | "                | 13.98                          | 0.08                           | 0.61 |      | 0.27 | 1.51 | 3.72              | 4.88             |
|                     |                  | 尖峰岭黑云母花岗岩                    | 132—121        | 74.42                                                  | "                | 13.16                          | 0.22                           | 0.48 |      | 0.24 | 1.73 | 3.37              | 4.36             |
| III                 | 地 块 边 缘 拗 陷 区    | 拉磨黑云母花岗岩                     | 91—107         | 73.28                                                  | 0.03             | 15.01                          | 0.08                           | 2.16 | 0.10 | 0.49 | 0.19 | 2.80              | 4.23             |
|                     |                  | 拉磨花岗岩                        |                | 71.82                                                  | 0.04             | 14.97                          | 0.84                           | 2.43 | 0.08 | 0.63 | 0.50 | 3.50              | 3.60             |
|                     | 华南燕山早期花岗岩 (272)⑤ |                              |                | 72.76                                                  | 0.23             | 13.51                          | 0.90                           | 1.77 | 0.07 | 0.51 | 1.30 | 3.27              | 4.71             |
|                     |                  | 华南燕山晚期花岗岩 (91)               |                | 73.80                                                  | 0.20             | 13.51                          | 0.89                           | 1.48 | 0.06 | 0.46 | 0.97 | 3.36              | 4.69             |
|                     | 中国酸性岩 (据蔡彤)      |                              |                | 70.40                                                  | 0.31             | 14.18                          | 1.38                           | 1.77 | 0.08 | 0.84 | 1.93 | 3.77              | 3.79             |
| 戴里花岗岩平均值            |                  |                              |                | 70.18                                                  | 0.39             | 14.47                          | 1.57                           | 1.78 | 0.12 | 0.84 | 1.99 | 3.48              | 4.11             |
| 括弧中数字代表样品数          |                  |                              |                | ①、②、③、④、⑤分别引自王泽华、周玉振、杨超群、湖南冶金238队、原地科院八室、中国科学院地化所等有关资料 |                  |                                |                                |      |      |      |      |                   |                  |

表 4

区域矿化时、空演化特征

表 5



成因的研究亦属开始, 有待深入研究。

的迁移是从区域的角度考虑的, 在早期岩浆活动及矿化的地区和矿区亦不同程度地显示后期岩浆活动及矿化活动。由于在华南地区燕山时期花岗岩的活动及相伴的矿化在时、空上构成了有规律的整体, 因此, 体现出一个发育比较完整的矿床成矿系列。

在讨论这个成矿系列的时候, 我们没有涉及其成矿物质的来源, 因为这个问题比较复杂, 在目前实际材料还比较少的情况下, 难以进行中肯的讨论。从各种地质因素来考虑, 成矿与花岗质岩浆的活动有关是无疑的, 但成矿物质不一定单来自岩浆岩, 不能排除部分取自某些地层的可能性, 这需在今后探讨。对于本文提出的成矿系列本身及其

### 参 考 文 献

- [1] 任纪舜等 1980 中国大地构造及其演化 科学出版社
- [2] 郭文魁 1959 编制南岭地区内生有色、稀有金属成矿规律略图中的某些问题 地质论评 19卷3期
- [3] 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
- [4] 程裕淇、陈毓川、赵一鸣 1979 初论矿床的成矿系列问题 中国地质科学院院报 第1卷第1号
- [5] 莫柱荪等 1980 南岭花岗岩地质学 地质出版社
- [6] 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



## THE METALLOGENETIC SERIES OF THE RARE-EARTH, RARE AND NONFERROUS METAL DEPOSITS RELATED TO THE YENSHANIAN GRANITES IN SOUTH CHINA

Chen Yuchuan

*(Institute of Mineral Deposits, Chinese Academy of Geological Sciences)*

### Abstract

South China used to be a miogeosyncline in early Paleozoic times. The development of geosyncline was closed by the Caledonian folding. Intensive mobilization of tectonics took place during the Indo-Sinian—Yenshanian, especially the Yenshanian movement, when block movement and vigorous granitic magmatism constituted the most striking feature, accompanied by polyphase mineralizations of rare-earth, rare and nonferrous metals, which gave birth to a great abundance of mineral resources.

With the development of the Yenshanian movement and the continuous evolution and intrusion of granitic magma, the metallogenic elements and mineralization characteristics varied regularly, forming a metallogenetic series of rare-earth, rare and nonferrous metals deposits (TR, Ta, Nb, Be, W, Sn, Bi, Mo, Cu, Pb, Zn, As, Sb and Hg) associated intrinsically with the hypabyssal acid granites in space, time, and genesis. This metallogenetic series consists from early to late Yenshanian of four magmatic mineralization stages or four subseries. The first subseries, pertaining to early Yenshanian (160—184m. y.) and distributed in the uplifted areas of the Caledonian fold basement in southern Jiangxi, western Fujian and northern Guangdong, is characterized mainly by rare-earth, niobium, tantalum, and tungsten mineralizations. The second subseries, which is of early-middle Yenshanian (121—172m. y.) and occurs within a late Paleozoic depression covering southern Hunan, northern Guangdong and eastern Guangxi, is represented metallogenically by niobium, tantalum, beryllium, tungsten, tin, lead, zinc, and a subordinate amount of bismuth and molybdenum. The third subseries, being of late Yenshanian (91—107m. y.) and appearing mostly along the peripheral depression within a block in the Hechi-Handan area, northwestern Guangxi, is embellished with mineralizations of cassiterite-sulfides, copper, lead, zinc, antimony, arsenic, mercury and a small amount of tungsten. The fourth

subseries, belonging to late Yenshanian and Himalayan (47.6—56.7m. y.) and observed mainly in huge granitic bodies, is dominated by uranium mineralization controlled by silicified and fractured zones.

The biotite granites from all stages of Yenshanian movement are acidic— $K_2O > Na_2O$ , with some variations in chemical composition with respect to different stages. The granites of the first and second subseries contain 74%  $SiO_2$  and 8—8.7%  $K_2O + Na_2O$  while the third subseries has 71—74%  $SiO_2$  and 7.1%  $K_2O + Na_2O$ , suggesting an apparent decrease in both the acidity and alkalinity for the third subseries, with a corresponding marked change in mineralization.

The metallogenetic series on the whole constitutes the following associations of mineral deposits relative to the ore-bearing granites; (1) the rare-earth deposits of the granite type related to potash feldsparthization in the upper part of the intrusive body; (2) the rare-earth, niobium and tantalum deposits of granite type related to potash feldsparthization and albitization in the upper and the top parts of the intrusive body; (3) the niobium, tantalum, beryllium, tungsten, tin and bismuth deposits in the top part of the intrusive body as well as in the greisenization and pegmatoidization zones adjacent to the contacts; (4) the tungsten, molybdenum, bismuth, beryllium, copper and zinc deposits of the skarn type in the exo-contact zones in case the country rock consists of carbonates; (5) the tungsten, tin, beryllium, lead, zinc, antimony and arsenic deposits of the pneumato-hydrothermal type in the wolframite-quartz (or feldspar) vein systems or in the stratoid metasomatic zones within or close to the intrusive bodies; (6) the lead, zinc, antimony and arsenic deposits of epi-mesothermal type around the intrusive bodies and the mercury deposits farther away from the intrusive bodies; (7) the uranium deposits in the surrounding granite batholithes. Based on these facts, an ideal metallogenetic model for this metallogenetic series is given by the author in the present paper.