矿 床 地 质
2002 年 MINERAL DEPOSITS 第 21 卷 增刊

# 初论华南中、新生代与花岗质岩浆活动有关的成矿系统*

# Preliminary Study on Mesozoic and Cenozoic Ore-forming Systems Related to Granitic Magmatism South China

华仁民 陈培荣 张文兰 刘晓东 陆建军 林锦富 姚军明

（南京大学地球科学系，成矿作用研究国家重点实验室，江苏 南京 210093）

Hua Renmin, Chen Peirong, Zhang Wenlan, Liu Xiaodong, Lu Jianjun, Lin Jinfu, Yao Junming

(State Key Laboratory for Mineral Deposits Research, Department of Earth Sciences, Nanjing University, Nanjing 210093, Jiangsu, China)

摘 要 华南地区中、新生代的大规模成矿作用与不同来源的花岗质岩浆活动密切相关，并因此而呈现出丰富多彩的特征。本文把华南地区与中、新生代花岗质岩浆活动有关的矿床划分为四个成矿系统，即：① 与钙碱性火山-浅成侵入花岗质岩浆活动有关的“斑岩-浅成热液金-铜成矿系统”，② 与板内高钾钙碱系列花岗闪长质岩石有关的铜铅锌成矿系统，③ 与陆壳重熔型花岗岩类有关的钨锡稀土铀多金属成矿系统，以及④ 与 A 型花岗岩类有关的金铜及铀成矿系统。

关键词 成矿系统 花岗质岩浆 中新生代 华南地区

本文讨论的是以南岭为中心的华南地区，不包括长江中下游。该地区有着极其丰富的有色、稀有和贵金属矿产资源，例如世界最大的锑矿床，中国最大的 3 个锡矿床（大厂、个旧、柿竹园），若干个世界级钨矿床，以及许许多多的金、银、铜、铅锌、稀土、铀、锂、铍、铌、钽、铋等矿床。华南地区又以花岗岩类的广泛分布为重要特征，长期以来，我国地质学界对华南花岗岩开展了卓有成效的研究工作，取得了举世瞩目的重要成果。对华南花岗岩类及其成矿作用的研究曾经在上世纪 70 年代末至 80 年代初达到高峰，确定了不同时期、以及“改造型”、“同熔型”等不同成因系列花岗岩类及其与不同成矿作用的关系（中国科学院地球化学研究所，1979； 莫柱孙等，1980； 南京大学地质系，1981）。自上世纪 90 年代以来，我国地质学界对华南地壳的形成和演化、以及相关的花岗岩类成因与构造环境研究蓬勃兴起，与花岗岩类有关的成矿作用的研究也进一步深入，并且又取得了许多重要成果和新认识（Chen et al.,1998；王德滋等，1999）。本文在大量前人研究成果和最新认识的基础上，提出华南地区中、新生代（以中生代为主）与不同构造环境、不同来源花岗质岩浆活动有关的几个成矿系统，并简单讨论了它们的主要特征。

## 1 与钙碱性火山-浅成侵入花岗质岩浆活动有关的成矿系统

这一类花岗质岩浆活动及其产物主要分布在华南的东部地区。由于中生代开始古太平洋板块向欧亚大陆板块的俯冲作用，以及俯冲-挤压后的伸展和拉分作用，在中国东部发生了大规模的花岗质火山-侵入岩浆活动，其时代主要为燕山期，与此相伴随的是形成了与中-浅成钙碱性岩浆活动有关的成矿系统。

* 国家重点基础研究发展规划项目（G1999043209）和国家自然科学基金重点项目（40132010）资助
第一作者简介 华仁民，男，1946 年生，教授，从事矿床学教学和科研工作。

这一类岩浆活动的产物以钙碱性的中酸性岩石为主，如花岗闪长斑岩、花岗斑岩、英安斑岩、流纹英安斑岩等，也包括一部分富钾的钙碱性岩石以及橄榄安粗岩类。这类岩浆活动的重要特征之一就是火山岩与浅成侵入岩的密切共生。与它们有关的成矿作用包括斑岩型铜（金）矿床、浅成热液型金（铜）矿床、以及介于二者之间的中成热液(mesothermal)多金属矿床(Corbett et al .,1995)等。笔者认为，从整体上来看，这一成矿系统可以与西南太平洋地区新生代板块俯冲边界的大规模金铜成矿作用相对比，因此可称为“斑岩-浅成热液金-铜成矿系统”（华仁民等，2002）。

这一成矿系统中的典型矿床有江西德兴、福建中寮、安徽沙溪等斑岩铜矿床，江西冷水坑银铅锌矿床、江西银山金铜多金属矿床，浙江治岭头金矿床，以及福建紫金山、碧田、台湾金瓜石等浅成热液金矿床。除了台湾金瓜石金矿床形成于新生代、与活动板块边界的火山岩浆作用有较直接的关系外（Tan,1991），其他矿床都形成于中生代燕山期，其中位于江南造山带边缘的江西德兴等地的岩浆活动主要为燕山早期，而闽西南紫金山地区的岩石为燕山晚期。它们的岩浆作用主要是受陆内深断裂的控制；而由于许多深断裂是继承了古俯冲带等板块边界构造，如德兴地区的赣东北深大断裂带（华仁民，1988），因此其岩石中包含了较多的幔源组分。这一成矿系统（尤其是斑岩型矿床）的成矿物质主要来源于岩浆岩本身；然而，这一成矿系统的成矿流体则以环流的大气降水起主导作用，并有来自岩浆的挥发组分不同程度地参与成矿。

## 2　与板内高钾钙碱系列花岗闪长质岩石有关的成矿系统

板内高钾钙碱系列岩石以湘南地区的花岗闪长质小岩体为代表，它们与铜铅锌多金属成矿作用关系密切，并且形成了一批重要的多金属矿床，如水口山、宝山、黄沙坪、铜山岭等。而在它们向南西的延伸方向上，是桂东南钾玄质侵入岩带。许多研究者都已经注意到这是华南西部一条以高 $\varepsilon_{Nd}$、低 TDM 为特征的中生代板内钾质岩石带（陈江峰等，1999；李献华等，1999）。王岳军等（2001a）研究了湘南地区这类岩石的微量元素和同位素地球化学特征，认为它们属板内钾质岩石，其成因与该地区在中生代岩石圈伸展-减薄背景下，由于软流圈上涌导致幔源岩浆底侵，与中下地壳物质混合后发生部分熔融有关。他们还利用单颗粒锆石 U-Pb 法测定了湘南地区若干花岗闪长质小岩体的年龄值都在 175 Ma 左右，属于燕山早期（王岳军等，2001b）。

这一成矿系统与前一个成矿系统有着许多类似之处，与二者相关的花岗岩类也都主要是高钾钙碱系列的岩石。而且事实上，江西德兴地区的花岗闪长斑岩也具有正的 $\varepsilon_{Nd}$ 值和低 TDM 的特征（朱金初等，1990）；但是赣东北地区的低 TDM 带与湘南-桂东南的高 $\varepsilon_{Nd}$、低 TDM 带在湘赣边界不连接(Chen et al,1998)。两个成矿系统之间也存在着一些明显的差异，主要表现在 3 个方面：一是本系列岩石在岩性上相对偏中性，主要为花岗闪长岩乃至黑云母闪长岩,很少有真正的花岗岩；二是本系列岩石侵位稍深，且缺少伴生的同源火山岩，而前一个成矿系统的岩石不仅侵位浅，多呈斑岩产出，且基本上伴随有火山岩；三是本系列的成矿作用主要以铜、铅锌为主，而金、银则相对较少。

有关这一成矿系统的矿床地质地球化学及成矿流体方面的特征，还有待于进一步的研究工作。

## 3　与陆壳重熔型花岗岩类有关的成矿系统

华南尤其是南岭地区存在大量的中生代陆壳重熔型花岗岩类，相当于徐克勤等（1984）提出的“改造型”、莫柱孙（1985）归纳的“转化型”花岗岩、王联魁等（2000）“Li-F 花岗岩”中的系列Ⅰ花岗岩，它们与 W、Sn、Bi、Mo、Nb、Ta、U 等金属的大规模成矿作用有密切的成因关系，前人在这方面已经有大

量的研究成果。笔者认为从总体上来说，可以把与陆壳重熔型花岗岩类有关的矿床归结为一个成矿系统。

笔者等最近的研究认为，南岭地区在燕山早期发生过伸展裂解作用，在这一动力学背景下，形成了一套典型的后造山（post-orogenic）花岗岩类，除了主体二长花岗岩和钾长花岗岩外，还发育 A 型花岗岩类和双峰式火山岩组合（陈培荣等，2002）。因此，华南地区中生代尤其是燕山期的陆壳重熔型花岗岩类不是在造山（挤压）背景下形成的，而是在造山之后的伸展-背景下形成的，而且与壳-幔相互作用密切相关；因此，与之有关的成矿系统实质上也包含了几种不同的情形。当岩石主体相的二长花岗岩中的一部分经过结晶分异作用而形成晚阶段过铝质的小岩体（与典型的 S 型花岗岩较一致）时，往往与 W、Sn、Bi、Mo、Nb、Ta 等矿化有关，例如，赣南西华山、漂塘、湘南骑田岭、千里山、粤北红岭等矿床就属于这种情况，这也是华南与陆壳重熔型花岗岩类有关的成矿系统的主体。

而与燕山期不同源岩浆活动有关的铀矿化则基本上都是叠加在海西-印支期的过铝质花岗岩之上而形成的，例如赣南的猫尖洞（粗安质岩浆活动叠加）、粤北诸广山（花岗质岩浆活动叠加）等。另一种情况，如赣南隘高、粤北下庄等地，铀矿化与燕山期的基性岩脉有关；当基性岩脉贯入花岗岩时，不仅提供了热量驱动流体运动，促使花岗岩中的铀运移富集，而且还提供深源挥发组分（主要是 $CO_2$、F）直接参与成矿作用。

## 4 与富碱或 A 型花岗岩类有关的成矿系统

在华南地区存在着不同时代的富碱花岗岩，它们或形成于碰撞后的伸展环境，或形成于板内的拉张环境，它们中有许多可归属 A 型花岗岩类。因此，华南地区存在着与 A 型花岗岩类有关的成矿系统。

华南地区中生代 A 型花岗岩主要分布于赣南、粤北等地，如定南的寨背岩体（陈培荣等，1998）、龙南的陂头岩体（范春方等，2000）、佛冈的恶鸡脑岩体（包志伟等，2000）等。赣南一些准铝质的 A 型花岗岩与稀土矿化的关系比较密切，这些岩体一般富含 REE，平均在 $500\times10^{-6}$ 以上，往往能形成大规模的风化淋积型稀土矿床。赣南地区不仅存在 A 型花岗岩，而且存在双峰式火山岩，其中的酸性端员流纹岩和 A 型花岗岩一样具有板内花岗质岩石的地球化学特征，可称为 A 型火山岩；赣南的双峰式火山岩与铀矿化关系密切，是不同于一般火山岩型热液铀矿床的一种新的铀矿类型（陈培荣等，2000）。

华南产于新生代（喜山早期）裂谷环境的富碱花岗质岩浆活动在云南“三江”地区分布较多。毕献武等（2000）的研究认为姚安和马厂箐岩体在成分上类似于 A 型花岗岩，为富集地幔部分熔融的产物，姚安岩体为典型的碱性系列，马厂箐岩体为碱性—亚碱性系列；他们还初步探讨了富碱侵入岩演化过程中铜、金和挥发分的地球化学行为。

## 5 结 论

华南地区中、新生代与不同来源花岗质岩浆活动有关的成矿作用可以划分为 4 个主要的成矿系统，即：与钙碱性火山-浅成侵入花岗质岩浆活动有关的“斑岩-浅成热液金-铜成矿系统”，与板内高钾钙碱系列花岗闪长质岩石有关的铜铅锌成矿系统，与陆壳重熔型花岗岩类有关的钨锡稀土铀多金属成矿系统，以及与 A 型花岗岩类有关的金铜及铀成矿系统。它们是华南地区大规模成矿作用的重要组成部分，是华南中、新生代岩石圈演化过程中不同的构造动力学背景下的产物。

## 参 考 文 献

包志伟,赵振华,熊小林. 2000. 广东恶鸡脑碱性正长岩的地球化学及其地球动力学意义[J]. 地球化学, 29(6):462～468.

毕献武,胡瑞忠,Comell D H. 2000a. 姚安金矿床成矿流体形成演化的稀土元素地球化学[J]. 矿物岩石地球化学通报, 19(4):263～265.

毕献武,胡瑞忠,Comell D H. 2000b. 蚀变流体的来源:矿化蚀变带中原生与次生长石的稀土元素证据[J]. 科学通报, 45(13):1429～1432.

陈江峰,江博明. 1999. 钕、锶、铅同位素示踪和中国东南大陆地壳演化[]A. 见:郑永飞主编,化学地球动力学[C]. 北京:科学出版社.262～287.

陈培荣,范春方,孔兴功,等. 2000. 6710 铀矿区火成岩的地球化学特征及其构造和成矿意义[J]. 铀矿地质, 16(6):334～343.

陈培荣,华仁民,章邦桐,等. 2002. 南岭燕山早期后造山花岗岩类:岩石学制约和地球动力学背景[J]. 中国科学(D 辑), 32(4):279～289.

陈培荣,章邦桐,孔兴功,等. 1998. 赣南寨背 A 型花岗岩体的地球化学特征及其构造地质意义[J]. 岩石学报, 14(3):163～173.

地矿部南岭项目花岗岩专题组. 1989. 南岭花岗岩地质及其成因和成矿作用[M]. 北京:地质出版社.

范春方, 陈培荣. 2000. 赣南陂头 A 型花岗岩的地质地球化学特征及其形成的构造环境[J]. 地球化学, 29(4):358～366.

华仁民,陆建军,陈培荣,等. 2002. 中国东部晚中生代斑岩浅成热液金(铜)体系及其成矿流体[J]. 自然科学进展, 12(3):240～244.

华仁民. 1988. 赣东北深大断裂带形成机制的讨论[J]. 南京大学学报（地球科学版），(1)：62～69.

李献华,周汉文,刘颖,等. 1999. 桂东南钾玄质侵入岩带及其岩石学和地球化学特征[J]. 科学通报, 44(18):1992～1998.

莫柱孙，叶伯丹，等. 1980. 南岭花岗岩地质学[M]. 北京:地质出版社.

莫柱孙. 1985. 试论南岭花岗岩的地质环境分类[J]. 大地构造与成矿学, 9(1):1～8.

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[M]. 北京:科学出版社.

王德滋,周金城. 1999. 我国花岗岩研究的回顾与展望[J]. 岩石学报, 15(2):161～169.

王联魁.黄智龙. 2000. Li-F 花岗岩液态分离与实验[M]. 北京:科学出版社.

王岳军,范蔚茗,郭峰,等. 2001a. 湘东南中生代花岗闪长质小岩体的岩石地球化学特征[J]. 岩石学报, 17(1):169～175.

王岳军,范蔚茗,郭峰,等. 2001b. 湘东南中生代花岗闪长岩锆石 U-Pb 法定年及其成因指示[j]. 中国科学(D 辑), 31(9):745～750.

徐克勤,孙鼐,王德滋,等. 1984. 华南花岗岩成因与成矿[A]. 见: 徐克勤,涂光炽主编.花岗岩地质与成矿关系[C]. 南京:江苏科学技术出版社.1～20.

中国科学院地球化学研究所. 1979. 华南花岗岩类的地球化学[]M. 北京:科学出版社.

朱金初,沈渭洲,刘昌实,等. 1990. 华南中生代同熔系列花岗岩类 Nd-Sr 同位素特征及成因讨论[J]. 岩石矿物学杂志, 9(2):97～105.

Chen J F, Jahn B M, 1998. Crustal evolution of southeastern China: Evidence from Nd and Sr isotope compositions of rocks[J]. Tectonophysics, 284: 101～133.

Corbett G J, et al. 1995. Pacific Gold-Copper Systems.A Workshop at the Pacrim Conference, Auckland, New Zealand.