

华南两个成因系列花岗岩及其成矿特征

徐克勤 胡受奚 孙明志 叶俊

(南京大学地质系)

关于华南花岗岩成因类型的划分问题讨论已久。最早,翁文灏先生在1920年发表的《中国矿产区域论》中,已将和钨锡矿床有关的南岭花岗岩和与铜铁矿床有关的长江中下游的花岗闪长岩划为二类;1935年孟宪民先生在研究香花岭钨锡矿床的论文中,也持同样看法;1936年谢家荣先生在《中国之矿产时代及矿产区域》一文中进而将两类花岗岩命名为香港式和扬子式。1965年,我系在总结华南花岗岩研究成果的报告中,首次指出沿海花岗岩的特殊性及其与南岭中段同期花岗岩岩石性质上的差异。1973年,徐克勤在《花岗岩类与成矿关系,并论内生矿床成矿物质来源问题》一书中,根据华南花岗岩和环太平洋带花岗岩的特征、最新的同位素资料、形成花岗岩方式、产出部位,将花岗岩类分成四类。1976年,我系在宁芜花岗岩研究中,对比了该区花岗岩类和南岭中段同期花岗岩类的性质区别,并依Rb-Sr同位素资料所推测的形成花岗岩的物质来源,将花岗岩分成三种成因类型^①。1978年、1980年我系对福建钟腾(陈克荣)和浙江桐庐^②次火山花岗岩类进行了研究工作,并在上述工作的基础上写成《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》和本文。

一、花岗岩的三大成因系列

花岗岩是一种广泛分布在大陆地区的岩石,形成于不同的地质环境,具有多种形成方式,呈现出各种各样的岩石性质,伴生有不尽相同的矿产。统观各项特征我们将花岗岩类划分为三个成因系列。

1. 陆壳改造型花岗岩类:由地槽或拗陷的堆积物经混合岩化或花岗岩化以及与其有成因联系的重熔-再生岩浆作用而形成的花岗岩类。这类花岗岩与地幔岩无成因上的直接联系,因此在它分布的地区没有见到它与基性侵入岩或喷发岩(玄武岩)、中性侵入岩或喷发岩(安山岩)的共生关系。这一成因系列的花岗岩类中以一般正常花岗岩为主。

2. 过渡性地壳重熔型花岗岩类:由于地幔来的岩浆(中性的安山岩浆或基性的玄武岩浆)侵入到地槽或拗陷堆积物,使热流增大,地热梯度急骤升高,引起了同熔作用,局部也伴有花岗岩化作用,以及地幔中来的岩浆的混染作用、同化作用等而形成的花岗岩类。此类

① 据1976年南京大学地质系关于宁芜凹陷花岗岩类岩石及有关问题的讨论及有关专题研究报告。

② 据周金城1981年研究生毕业论文。

花岗岩往往是从中基性岩到酸性的花岗岩,如从闪长岩→石英闪长岩→花岗闪长岩→石英二长岩→钾长花岗岩。大陆上的深断裂带、活动大陆边缘和岛弧区的侵入岩,常常是这样的一套岩石,伴生的也有少量基性岩石。与其对应的火山岩是安山岩(玄武安山岩)→英安岩→流纹岩(部分为粗面岩、响岩)。

3. 幔源型花岗岩类: 碱质花岗岩系列, 又称钠质花岗岩。它们的岩石学、地球化学及成矿特征都具有地幔来源的特征: $\text{Na} > \text{K}$, $\text{Nb} \gg \text{Ta}$, $\Sigma \text{Ce} \gg \Sigma \text{Y}$ 等。华南尚无典型岩体报导。

这三大成因系列花岗岩类 $(\text{Sr}^{87}/\text{Sr}^{86})_0$ 有明显的不同, 陆壳改造型 $(\text{Sr}^{87}/\text{Sr}^{86})_0 > 0.710$, 过渡性地壳同熔型 $(\text{Sr}^{87}/\text{Sr}^{86})_0 = 0.705 \pm 0.010$, 第三类 $(\text{Sr}^{87}/\text{Sr}^{86})_0$ 通常很小, 多数 < 0.705 , 故而暂称之为幔源型。

二、两个系列花岗岩类特征的比较

华南地区的政和一大埔断裂大体上是两个系列的分界, 东侧(外侧)主要是过渡性地壳同熔型, 西侧(内侧)主要是陆壳改造型。

两个系列花岗岩类的岩石类型差别甚大。陆壳改造型花岗岩类岩体不同阶段演化历史较为单一, 在华南地区常是从黑云母花岗岩→二云母花岗岩→白云母(或浅色云母)花岗岩。在岩石化学上最大的变异是 $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ 值, 从早到晚, 特别是到晚期阶段, 此比值降低很多, Na_2O 甚至可以大于 K_2O , 表明岩体演化属钾质系列。而过渡性地壳同熔型的花岗岩演化历史比较复杂, 岩性变化范围大, 常从中基性岩经过石英二长岩, 最后才演化为真正的花岗岩。在岩石化学上 $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ 比值不同于前一类, 是逐步增高, 起初可能属钠质系列, 尔后演化成钾质系列, $\text{K}_2\text{O} > \text{Na}_2\text{O}$ 。上述是两个系列花岗岩类成因上差异的集中表现。其它诸方面特征择要论述如下:

碱性组分的变异特征:

(1) $\text{K}_2\text{O}-\text{SiO}_2$: 在浙江、福建沿海、宁芜地区, 两者呈现出明显的线性关系, 为正相关, $K_{70} = 4-5$ (K_{70} 指岩石中 SiO_2 为 70% 时 K_2O 的百分含量)。在浙江、福建两省西侧和湘、赣两省中生代花岗岩体 $\text{K}_2\text{O}-\text{SiO}_2$ 不呈线性关系, 在同样的 SiO_2 含量下, K_2O 含量变化范围可达 1—1.5 倍 (图 1、2、3)。

(2) $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$: 这个比值的变化有两个特征, 一是变化范围大小, 二是平均值大小。浙江内侧变化范围是 0.82—2.41, 平均为 1.39, 外侧变化范围是 0.77—1.70, 平均为 1.20 (图 4); 福建内侧变化范围是 0.85—2.55, 平均为 1.25, 外侧变化范围是 0.90—1.77, 平均是 1.22; 平均值自东往西由 1.17

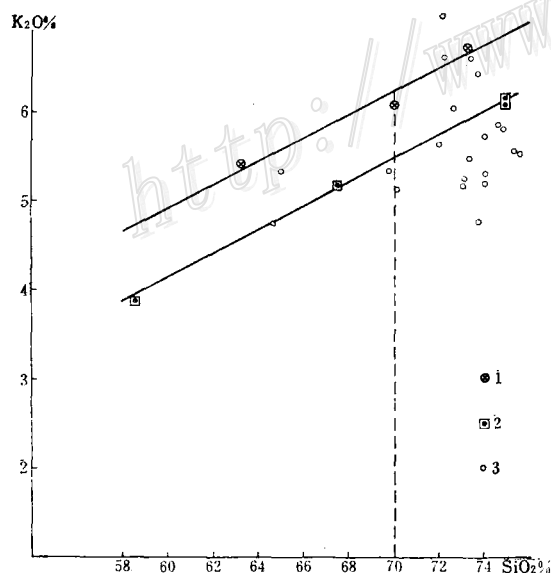


图 1 $\text{K}_2\text{O}-\text{SiO}_2$ 关系图

1. 宁芜凹陷花岗岩类; 2. 福建钟麟次火山花岗岩类; 3. 南岭中段(江西、湖南)花岗岩类(均为中生代)

→1.33→1.50→1.55, 变化幅度从0.72→0.83→1.44→1.45 (图5)。江西、湖南的中生代花岗岩 K_2O/Na_2O , 类似于浙闽两省内侧, 平均值达1.49和1.50。属长江中下游的安庆西部 (SiO_2 68%) 的侵入岩此比值仅0.98, 和沿海一样属于较低的类型。

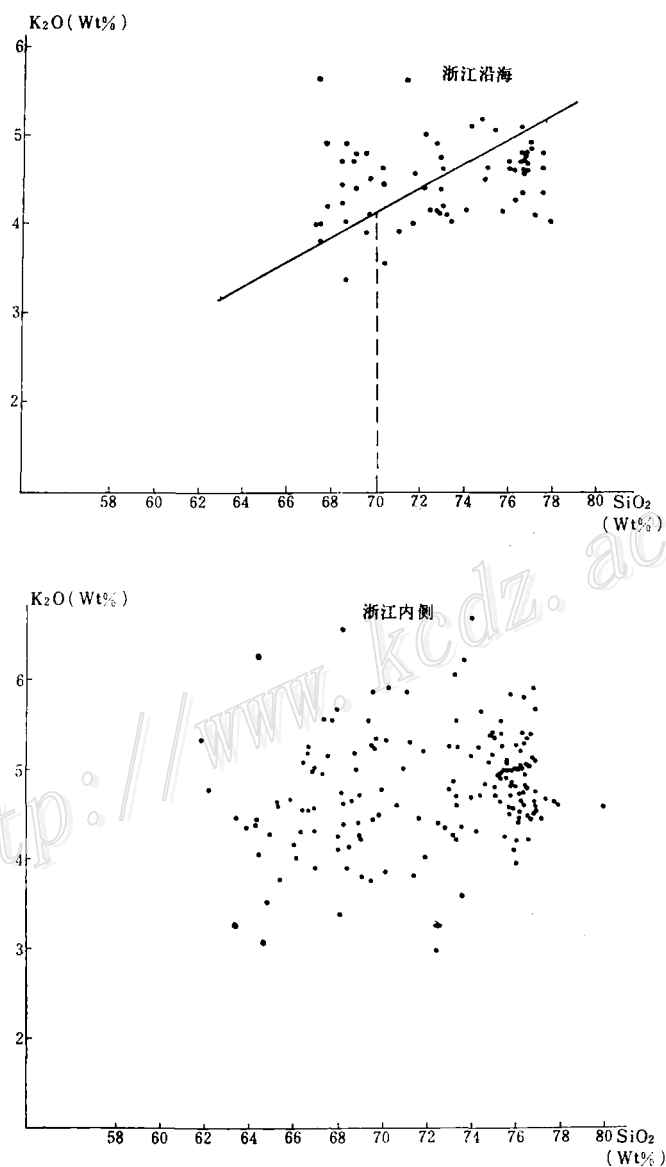
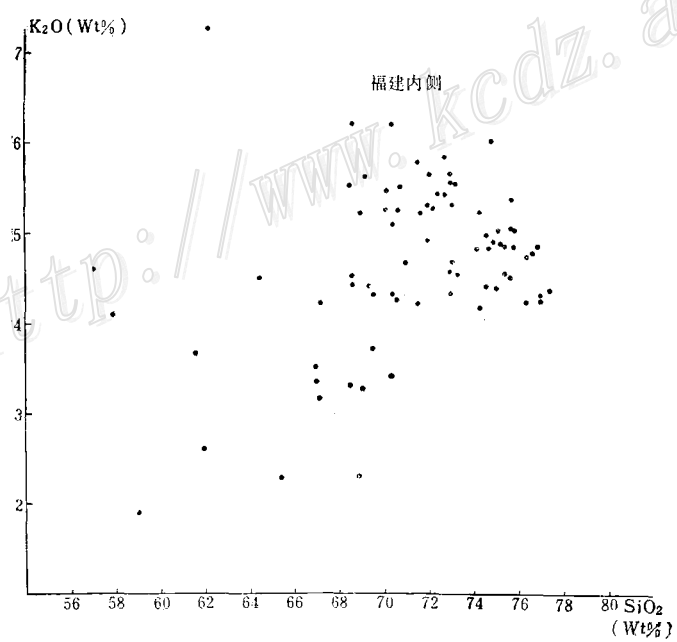
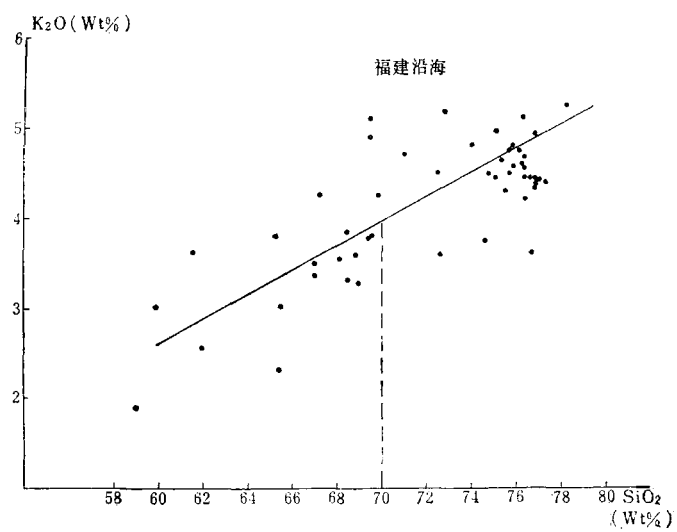


图2 K_2O-SiO_2 关系图

对于复式岩体 K_2O/Na_2O 比值变化, 沿海与内侧也有明显不同 (如表1)。

(3) $(Na_2O + K_2O)-SiO_2$: 从浙闽两省来看, 内外两侧区别不甚明显。大体上说沿海以B型为主, A型为次, 内侧以A型为主, B型为次 (图6)。

图 3 K_2O-SiO_2 关系图

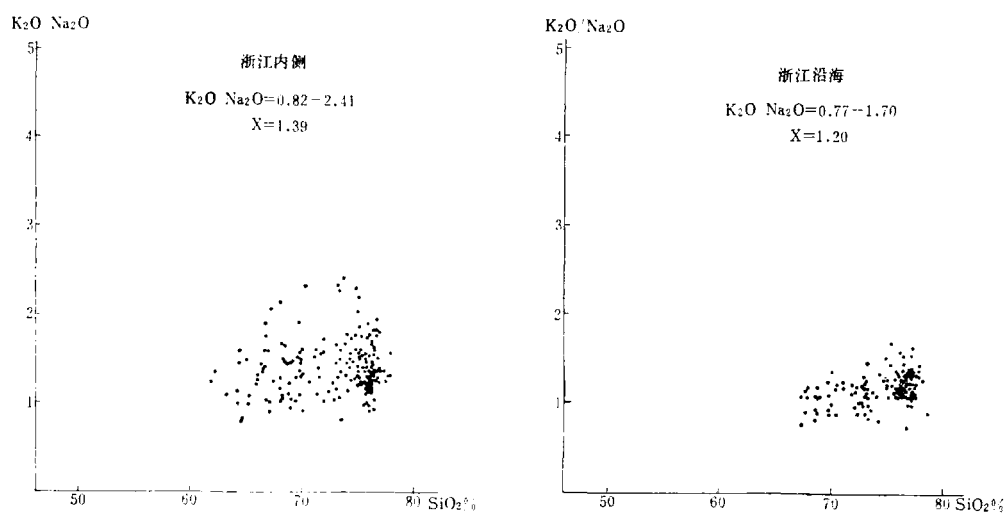
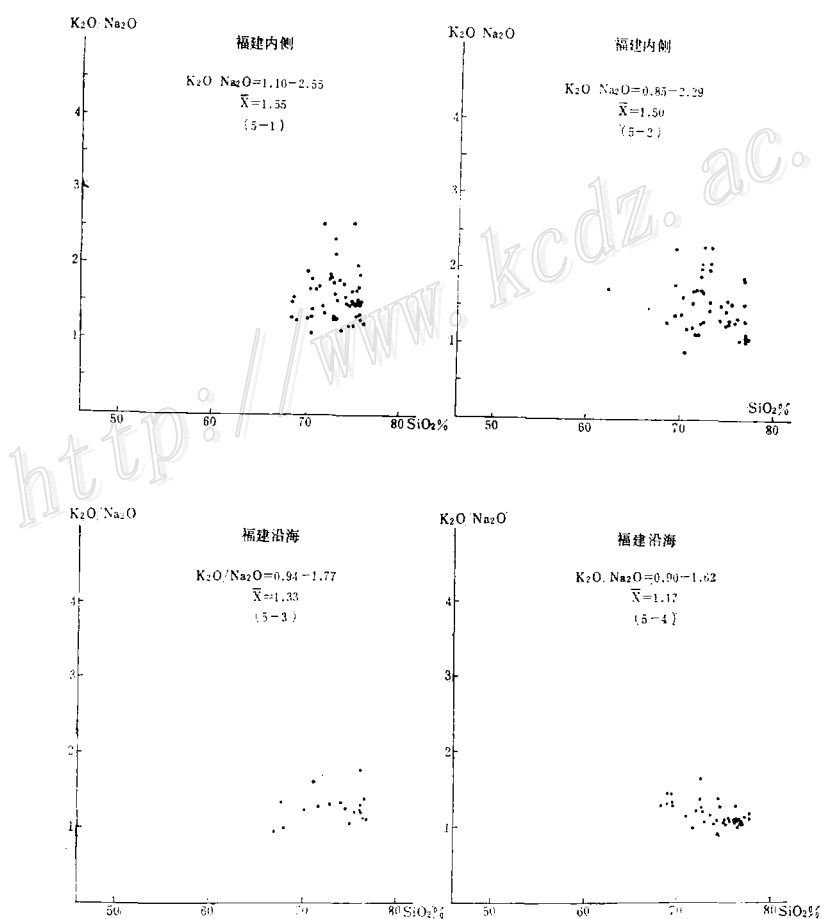
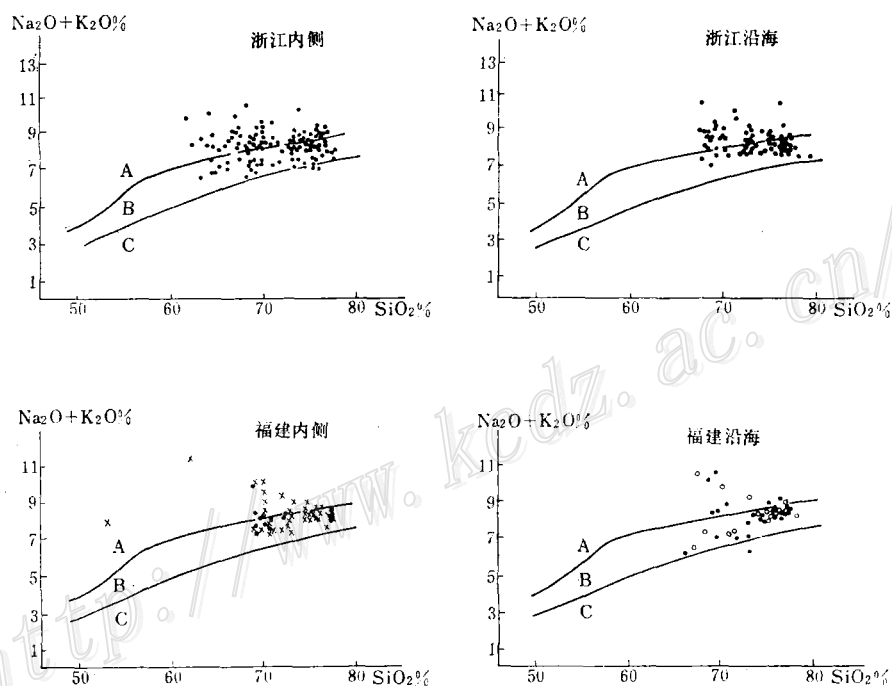
图4 $(K_2O/Na_2O)-SiO_2$ 关系图图5 福建沿海 (5-3, 5-4) → 内侧 (5-1, 5-2) $(K_2O/Na_2O)-SiO_2$ 关系图

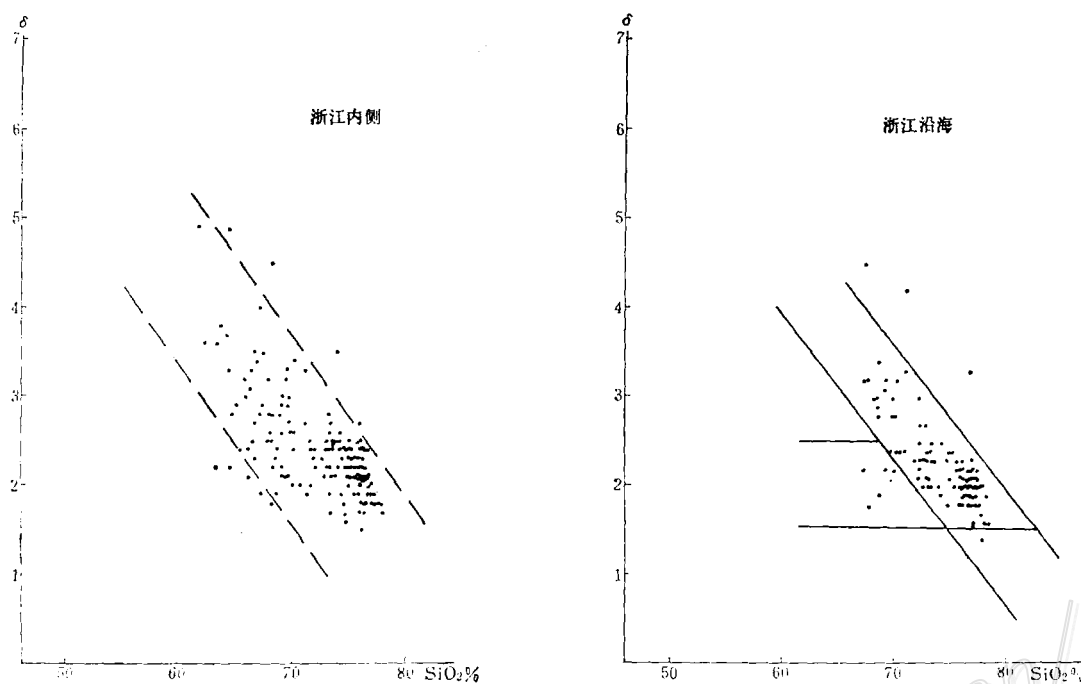
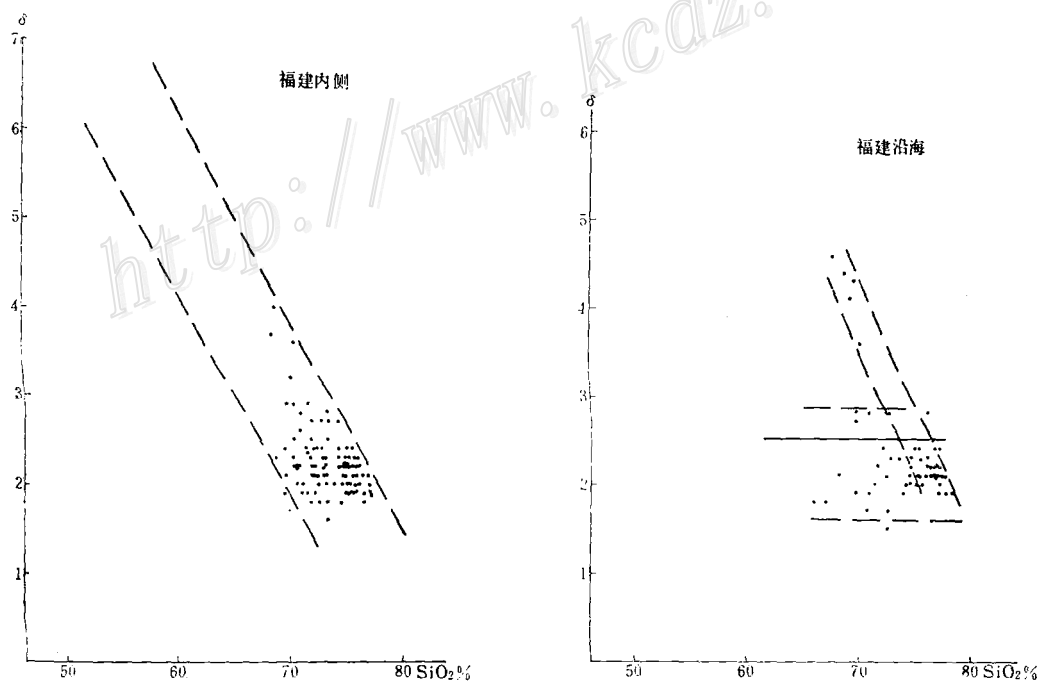
表 1

岩 体	内 侧	岩 体	外 侧
西 华 山	1.05→1.21→1.02	钟 腾	0.92→1.44→1.75→1.71
济 坑	1.08→1.79→0.94		
邓 卓 仙	2.11→1.28→0.87		
行 洛 坑	2.16→2.11→1.44		
晚 期 富 钠		晚 期 富 钾	

图 6 $(\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}) - \text{SiO}_2$ 关系图

(4) 李特曼指数的变异: 浙闽两省都有极明显的变化。内侧呈现出随着 SiO_2 的增加, 李特曼指数减少到 1.5—2; 而外侧沿海情况比较复杂, >2.5 部分显示出随 SiO_2 增大, 指数减小, 但这部分数量不多; 另一部分, 占主体的是在 1.5—2.5 之间, 指数保持稳定, 即 SiO_2 增大, 指数几乎不变 (图7、8)。

付矿物磁铁矿、钛铁矿和榍石的比较: 沿海地区及长江中下游, 这三种付矿物含量极高, 而内侧及江西、湖南中生代花岗岩体中, 其含量低得多。据浙闽粤沿海、宁芜地区、安庆西部大小47个同熔型岩体统计: 磁铁矿从几颗—24000克/吨, 平均 5213.9 克/吨, 榍石从几颗—13000克/吨, 平均 966 克/吨, 钛铁矿从无—829 克/吨, 平均 171 克/吨; 而江西、湖南之14个改造型花岗岩岩体统计: 磁铁矿从无—2066 克/吨, 平均 344.65 克/吨, 榍石从无—325 克/吨, 平均 84.7 克/吨, 钛铁矿从无—508 克/吨, 平均 25 克/吨。

图 7 李特曼指数 δ - SiO_2 关系图图 8 李特曼指数 δ - SiO_2 关系图

三、与内生金属矿床的关系

两个系列花岗岩类与内生金属矿床的关系有明显的差异，主要表现为以下三方面：

1. 两者的矿产种类有很大的差别。陆壳改造型花岗岩广泛分布在华南震旦—加里东地槽褶皱区，形成于不同的时代，而不同时代花岗岩的成矿特征又各不相同。金矿主要与雪峰期花岗岩类有关，加里东期次之，到海西—印支期以后趋向分散。但W、Sn、Be、Nb、Ta、 ΣY (ΣCe) 和U等相反，在海西—印支期初步集中，至燕山期才形成许多规模巨大的矿床。过渡性地壳同熔型花岗岩类，主要形成于燕山晚期，特征性矿产和前者有很大的不同，W、Sn等矿化很不发育，仅Nb、Ta(Be)有个别不很重要的矿化，但是却能形成一些重要的斑岩铜矿、斑岩钼矿、沉积（或火山沉积）—热液叠加型铜矿床，以及各种类型的铅锌矿床。这实际上就是所谓太平洋成矿带的内带和外带。

2. 两者的成矿过程十分不一致。陆壳改造型花岗岩类的形成主要是通过交代作用，即广义的花岗岩化作用。在华南漫长的地质历史中，花岗岩一次又一次的形成，有关的成矿元素不断地活化转移，逐步富集。此一过程可称之为花岗岩改造作用的活化转移，其结果导致这些成矿元素在年轻的花岗岩中有明显的富集（表2）。单纯的花岗岩形成作用的活化转移，还

表 2

元 素	雪 峰 期	加里东早期	加里东晚期	海西—印支期	燕 山 早 期
W	1.9 (3)	1.3 (6)	2.1 (20)	2.5 (5)	7.6—8 (25)
Sn	7.4 (19)	5.4 (26)	9.7 (34)	8.7 (34)	20—25 (56)
Be	1.55 (5)	1.8 (6)	4.0 (6)	7.4 (13)	9.8—13.1 (15)

表内数据系光谱定量分析结果，单位为 ppm，括号内为样品数

不足以导致有关矿床的形成，还必须有热液过程中的碱交代活化转移作用，使富集在年轻花岗岩之造岩矿物中的成矿元素转移浸出，进一步富集形成矿床。花岗岩形成作用的活化转移是指这样一种地质过程：早先形成的沉积—变质岩系被改造、被交代而成花岗岩，使分散在沉积—变质岩系中的成矿元素活化转移。所以沉积—变质岩系的含矿性就特别重要，即矿源层的存在是十分必要的。例如华南地区震旦—寒武系、泥盆系中钨的矿源层（已有资料表明都含30ppm左右的钨）的存在就是本区钨矿床特别集中的重要原因。对于此类成矿过程我们可以简单地概括为：矿源层→花岗岩形成作用的活化转移→热液过程中的碱交代活化转移→工业矿床形成。过渡性地壳同熔型花岗岩类的形成过程相对比较简单，是在上地幔派生岩浆及构造摩擦热的影响下，地壳物质的熔化以及安山岩浆的混染而成的。这就不能使丰度较低的元素经历一个逐步富集的过程形成矿床，而是形成在上地幔或下部地壳中较富的Fe、Cu、Pb、Zn等矿床。由于这些地区常是火山活动带，因此和火山作用有关的Fe、Cu、S富集层位（矿源层）的存在同样也是重要的，我们将其成矿过程概括为：

同熔岩浆 $\begin{cases} \nearrow \text{热液矿床} \\ \searrow \text{热液对矿源层改造的沉积矿床（或火山沉积—热液叠加矿床）} \end{cases}$

3. 两个成因系列花岗岩类成矿特征上的显著不同, 是因为它们各自代表地壳发展的不同程度, 和上地幔联系程度的不同, 这一点可以通过分析这些成矿元素在地壳和上地幔中的分布来论证之。本文所讨论的成矿元素可分为三类, 这三类元素在地壳和上地幔的丰度如表3 (据南京大学地质系新编《地球化学》)。不言而喻, 成矿作用是发生在地壳范围内的元素的富集作用。从表3可得出几点推论 (表4): ①第一类元素, 其成矿不需要通过地壳过程, 因为地壳过程总体上是使其贫化, 所以成矿作用可以直接和上地幔相联系; ②第二类元素, 地壳形成过程中富集作用不明显, 所以可直接从上地幔分异物中富集成矿; ③第三类元素, 除Nb和 Σ Ce类似于第二类外, 其它元素一般丰度低, 要构成工业矿产要求富集的程度又高, 而地壳过程却能使其富集。所以它们的成矿看来直接与上地幔相关是困难的, 而需要在地壳形成过程的中间富集, 显而易见, 沉积分异富集和花岗岩形成作用的活化转移就是十分必要的了; ④从上所述, 三类元素在地壳上分布的地区应该是: 第一类, 是在地壳发育的初级

表 3

类 别	元 素	地壳中丰度 (ppm)	上地幔中丰度 (ppm)	类 别	元 素	地壳中丰度 (ppm)	上地幔中丰度 (ppm)
1	Fe	5.8×10^4	9.5×10^4	3	W	1.1	0.3
	V	140	80		Sn	1.7	0.8
	Cr	110	1600		Be	1.3	0.2
	Ni	89	1500		Ta	1.6	0.1
	Au	0.004	0.005		ΣY	$0.8 - 1$	$n \times 10^{-3}$
2	Cu	63	40		ΣCe	$n \times 10$	n
	Pb	12	2.1		Nb	19	6
	Zn	94	60				
	(Mo)	1.3	0.6				

三类成矿元素在地壳和上地幔中丰度差异的比较

表 4

类 别	地壳中丰度数量级 (ppm)	地壳中富集程度	成矿要求富集的程度
1	>100	贫 化	100倍
2	$n \times 10$	富集0.5—1倍	1000倍
3	Nb、 ΣCe $n \times 10$	富集1—10倍	数千至上万倍
	其它 $1 \pm$	富集 $n - n \times 10$ 倍	

阶段和上地幔物质有直接联系的地区; 第二类, 是在地壳发育中等和上地幔分异物有关的地区; 第三类, 应是在和上地幔无直接联系的地壳发育程度最高、分异程度较高的地区。以上分析对解释三个成因系列花岗岩类的成矿特征是十分合适的。陆壳改造型应和第三类成矿元素有关; 过渡性地壳同熔型应和第一、二类成矿元素有关; 幔源型应和第二类和第三类的Nb、 ΣCe 有关。

Au在华南和较老的花岗岩有关, 这是为什么呢? 我们认为这是因为它在地壳发育过程中属贫化元素, 故而和上地幔有联系, 产在地壳发育程度较低的地区和时代。华南地区金矿

分布区, 都有前震旦纪的变质火山岩系, 且都属基性、超基性岩, 而老的花岗岩即是包含这些火山岩系的地层经花岗岩化的结果, 这就造成了Au的活化转移富集成矿。

上面的讨论, 还可说明在成矿时代上第一类和第二类成矿元素的工业矿量主要集中在较老的地质年代, 如前寒武纪变质铁矿占世界铁矿总储量的60%, 第三类成矿元素的工业矿量主要集中在较年轻的地质年代, 如钨矿百分之七十形成在燕山期。在空间上(横向)成矿的特征, 如环太平洋带, 其内带是太平洋板块和大陆板块的交接带, 上地幔物质使地壳物质同熔和混染, 是过渡性地壳, 所以是第一、二类成矿元素的成矿带, 而外带则是大陆板块内部, 地壳演化比较成熟, 多期多阶段花岗岩发育, 陆壳改造型花岗岩类广泛分布, 所以是第三类成矿元素的成矿带。

应该强调指出, 在大陆板块内部也还存在着深断裂带, 这些深断裂带常常是下部地壳物质和上地幔物质向上运移的通道, 形成一些中基性的火山岩、侵入岩, 该地区的“地壳”又受到了混染, 故而成了第一、二类元素的成矿区。在华南, 这个现象是十分明显的。据徐克勤研究, 在华南确实存在有这样的断裂带(或断裂凹陷带), 形成数量众多的沉积(或火山沉积)-热液叠加铁、铜矿床和斑岩铜、钼矿床。如长江中下游的马鞍山地区、铜陵地区、鄂东南的铁、铜矿床以及大平山、沙溪、城门山、安基山、德兴、大宝山等地的斑岩型铜钼矿床都属于这一性质。

矿源层的存在与否是有关花岗岩类成矿作用的重要因素、区域成矿特征的決定因素之一。金矿主要分布在雪峰期和早加里东隆起区, 是因为这里发育有前震旦纪火山岩系, 特别是绿岩系, 已被证明是金的矿源层; 在赣南后加里东隆起区震旦寒武纪地层已有大量数据表明是钨的矿源层, 钨矿的密集出现也就有了其必然性; 在后加里东隆起区近邻的上部古生代拗陷边缘的泥盆纪地层亦是钨的矿源层, 而由于在这些层位中钙镁碳酸盐成分的增加, 则形成了矽卡岩型白钨矿矿床, 向拗陷中心迁移, 碳酸盐成分特别是礁灰岩进一步增加, 锡、铅、锌、铜就伴之增高。对于断裂拗陷带, 一方面同熔型花岗岩发育, 另一方面由于各种差异的火山作用, 造成不同特征的矿源层, 形成了不同的矿产。如长江中下游为铁、铜、硫, 闽西南-粤东为铁伴生锡钼, 四会-吴川为铅锌多金属等。

四、两个系列花岗岩类的成因及 中生代花岗岩类板块模式初议

两个系列花岗岩类特征上的差异, 表示出两者形成方式上有很大的不同: 陆壳改造型以花岗岩化等交代改造作用为主, 而过渡性地壳同熔型则以熔化作用为主。此不同处在岩体接触关系、岩性均匀程度、结构构造、外来及原地包体类型、造岩矿物、矿物包裹体、微量元素和岩石化学诸方面都有表现。但是不应忽视, 仅形成方式而言, 交代改造和同熔熔化是有交错的, 不是一刀切的。而造成包括形成方式在内所有差别的存在, 是他们所处的地区地质背景不同。

1. 在华南, 陆壳改造和过渡性同熔型两个系列花岗岩空间上大体以政和-大埔断裂为界。政和-大埔断裂是一构造性质极为复杂的构造带, 在此带上有多个时代的基性、超基性岩分布; 从现有资料来看, 西侧肯定有加里东基底, 东侧出露的是海西-印支基底, 可见该断

裂带在华南地质发展史上意义重大。

2. 断裂东侧过渡性地壳同熔型花岗岩分布区, 以及同属此类花岗岩分布区的长江中下游断陷带, 都有时代相对较早, 成分及演化相似的对应的安山岩(玄武安山岩)一流纹岩(部分粗面岩、响岩)火山岩系伴生。两者具有同源(如福建钟腾地区花岗岩表现为次火山岩体)或亲缘关系(如长江中下游之马鞍山地区)。这种伴生关系表明, 中生代时这些地区是高温流区, 当然地热增温率很高, 目前广东地区还可达 $60-120^{\circ}\text{C}/\text{km}$ 。和上地幔及俯冲带关系密切之安山岩浆与之伴生, 说明这里和太平洋板块之俯冲有关, 郭令智教授及李春昱教授等也认为在中国东部海域中生代时有一向西倾斜之俯冲带存在。

3. 从永平大爆破(据国家地震局资料, 我系恽玲玲、丁幼文等解释)情况, 给我们两个印象: 在政和一大埔断裂以东, 地壳中界面不清楚, 而西侧有 $V_p=5.91, 6.15, 6.87, 6.94$ 等界面, 这是否说明西侧陆壳已向高级阶段发展, 调整分异作用已很发达, 东侧则较差; 在长江中下游及沿海地区地壳较薄仅30公里左右。

4. 前节所述的反映地壳成熟程度或和上地幔联系程度不同的成矿特征和成矿过程。

5. 特别值得注意的是, 联系日本中生代花岗岩的特征, 从日本到我国沿海中生代花岗岩在许多方面表现出由东向西的分带, 而这些性质的分带性差异, 恰恰显示了上地幔物质对花岗岩类影响的减弱。这些性质有: ① $\text{K}_2\text{O}-\text{SiO}_2$, 日本和我国沿海均成直线正相关关系, 日本 $K_{70}=3.7$, 我国沿海福建省 $K_{70}=4$, 浙江省 $K_{70}=4.2$, 宁芜地区 $K_{70}=5.5$; 而湘赣一带 $\text{K}_2\text{O}-\text{SiO}_2$ 无线性关系, 故无 K_{70} 可言。② $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$, 日本平均为1.11, 浙江平均1.20, 福建近海平均1.17, 向内1.33(仍在断裂带之东侧)。③ $(\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})-\text{SiO}_2$, 日本属C型(低碱)和C+B型, 少数达(A)+B型, 我国沿海为B型+(A型)(注:()内为次要, A型为高碱, B型为中间)。④ FeO/MgO , 从日本向我国沿海逐渐增大。⑤ $\text{Sr}^{87}/\text{Sr}^{86}$, 日本 Funatu 花岗岩岩石176m.y.0.7056、日本西部Nose花岗岩96m.y.0.7059、日本西部Kamika酸性火成岩89m.y.0.7059、日本西部Tottori花岗岩斑岩69m.y.0.7055、我国沿海岛屿花岗岩类60—120m.y.0.70546—0.7084、浙江中西部中生代火山岩0.7089—0.7121。表明都属混染型, 但由东向西逐渐增大。

根据上述讨论, 我们认为政和一大埔断裂以东的花岗岩类是和中生代时期由东部海域向大陆倾斜的俯冲带有关, 燕山早期开始下插, 先形成安山岩浆, 稍后形成同熔混染的花岗岩浆, 67—120m.y.达到高潮, 这和太平洋板块和亚洲大陆碰撞的时间相当。这一俯冲带主要影响到政和一大埔断裂, 所以火山岩分布主要也以此为界。

五、结 论

1. 华南花岗岩存在着陆壳改造型和过渡性地壳同熔型两个成因系列。两个系列花岗岩有许多差异。在成因上陆壳改造型是陆壳内地槽或拗陷堆积物质的调整分异的产物, 是通过改造、交代等花岗岩化作用而形成的; 浙闽粤沿海过渡性地壳同熔型花岗岩和日本同时代花岗岩类比较, 许多性质都有自东向西的变化, 这些变化具体显示了地幔物质影响的逐渐减少, 故推断其形成和中生代时期大洋板块向中国东南部大陆的俯冲有关。

2. 成矿特征和花岗岩的成因系列都和地壳的成熟程度有关联(表5)。

3. 两个成因系列花岗岩类特征的概括比较 (表6):

表 5

地壳发育程度	花 岗 岩 类 型	成 矿 特 征
成 熟	陆壳改造型	W、Sn、Ta等
中 等	过渡性地壳同熔型	Fe、Cu、Mo等
低 级	幔源型	Σ Ce、Nb等

表 6

比较项目	陆 壳 改 造 型	过 渡 性 地 壳 同 熔 型
构造部位	大陆板块内部	大陆板块边缘活动带(板块交接带)和大陆板块内部断裂带
成岩作用	地壳物质分异调整, 经花岗岩化作用和部分重熔再生岩浆	由上地幔派生的岩浆上升使地壳物质发生同熔和混染, 形成岩浆喷出或侵入, 故有同源火山作用, 在动力变质带也有花岗岩化作用
岩性特征	①以正常花岗岩为主; ②从钾质演化为钠质, 且富铝贫钙; ③具斑杂构造, 残余、交代结构, 残留体发育、岩相组合复杂; ④钾长石三斜度一般较大; ⑤付矿物成分有磁铁矿、钛铁矿等, 少量锆石有磨圆现象; ⑥矿物包裹体比较复杂, 有的有熔浆包裹体, 有的仅有气液包裹体; ⑦ $(\text{Sr}^{87}/\text{Sr}^{86})_0$ 较大	总成分为中性, 常从中基性岩→花岗闪长岩→石英二长岩→花岗岩; 从钠质演化为钾质, 且富钙贫铝; 岩性比较均一, 晶洞和文象结构等发育, 细粒边缘相常较发育, 少数岩体边部有花岗岩化; 钾长石三斜度一般都很小; 付矿物磁铁矿、钛铁矿和榍石等丰富; 都有熔浆包裹体; $(\text{Sr}^{87}/\text{Sr}^{86})_0$ 一般在0.705—0.710
矿化特征	以钨、锡、铍、铌、钽、稀土等为主	斑岩型铜、钼矿及其他铁铜矿床为主

参 考 文 献

- [1] 翁文灏 1920 中国矿产区域论 地质汇报 №2
 [2] 谢家荣 1936 中国之矿产时代及矿产区域 地质论评 №1
 [3] 南京大学地质系 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(地质专刊)
 [4] 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
 [5] 陈克荣 1980 古破火山机构及其火山花岗岩体特征的研究 南京大学学报 №1
 [6] Chappell, B. W. and white, A. J. R., 1974, Two Contrasting granite type. Pacific Geology, 8.
 [7] Ishihara, S., 1977, The magnetite-series and ilmenite-series granitic rocks, Min. Geol. 27, 5.

ON THE TWO GENETIC SERIES OF GRANITES IN SOUTHEASTERN CHINA AND THEIR METALLOGENETIC CHARACTERISTICS

Xu Keqin, Hu Shouxi, Sun Mingzhi and Ye Jun

(*Department of Geology, Nanjing University*)

Abstract

Based upon the probable source materials from which the granites might have been derived and the geological setting against which they occur, the authors hold the opinion that the Mesozoic granites in southeastern China may be divided principally into two genetic series, namely, the transformation series and the syntexis series. The former appears in a well-developed crust inside the continental plate while the latter is found in the active continental margin and along some deep fault zones and fault depressions inside the continental plate. As these two series of granites represent different stages of crustal development and different degrees with which they connect with the upper mantle, and as marked differences exist between the crust and the upper mantle in the distribution of metallic elements, it is considered that granites of the transformation series were formed in the well-developed continental crust and are characterized by deposits of tungsten, tin, tantalum, etc., whereas those of the syntexis series were formed in a transitional crust and are characterized by iron, copper, and molybdenum deposits. And, the least developed crust might give birth to the mantle-derived granites, characterized by ΣCe and niobium metallic ores. At the end of this paper, a discussion is given about the relationship between the subduction of the Pacific plate and the formation of the different genetic series of the Mesozoic granites in southeastern China.

In addition, some petrological peculiarities of the two genetic series of granites are described in detail. The transformation series comprise mainly normal granites whereas the syntexis series commonly vary from diorites→quartz diorites→granodiorites→quartz monzonites→potash granites. In petrochemistry, their chief differences are: (1) $\text{K}_2\text{O}-\text{SiO}_2$ in the syntexis series exhibits a linear relation, and $\text{K}-70$ (percentage of K_2O when SiO_2 content is

at 70%) increases from the seacoast toward the inland, but K_2O-SiO_2 in granites of the transformation series possesses no linear relation; (2) K_2O/Na_2O ratios of the syntaxis series are small compared with those of the transformation series, and show tendency to increase toward the inland; (3) the relation of $K_2O + Na_2O - SiO_2$ shows an increase in alkalinity toward the inland; (4) as to the accessories, the syntaxis series distinctly contains more magnetite, idocrase and other calcium-bearing accessories, whereas the transformation series is characterized by calcium-poor accessories; and (5) the trends of evolution of the multi-staged granites of these two series are different in such a way that rocks of the syntaxis series evolved from originally soda-rich varieties to potash-rich ones, whereas those of the transformation series from originally potash-rich ones to soda-rich ones toward the latest stages.

<http://www.kcdz.ac.cn/>