

# 长江中下游中酸性侵入岩长石 矿物特征及其地质意义

苏郁香 毛建仁 岳元珍

程启芬 陈三元 赵曙良

(南京地质矿产研究所)

长江中下游中酸性侵入岩, 根据其地质、岩石、地球化学和成矿作用等特征, 将其分为长江系列, 江南系列, 苏州式和大龙山式。

长石是本区侵入岩中的主要造岩矿物, 长石的结构状态和成分, 不仅反映形成时的物理化学环境, 而且还反映成岩后的热历史及各种物理化学作用对它的影响, 而这些作用同时也影响了成矿作用。对本区二十六个岩体四十多件长石样品进行系统研究后认为: 长石的成分、结构状态及出溶温度等可以提供岩石的成因信息, 碱性长石的晶胞形变与本区岩体的成矿作用有一定联系。

## 一、斜长石的成分和结构状态

### 〈一〉斜长石的成分:

根据化学分析和旋转台测定结果(表1), 斜长石可分五个种属: 〈1〉。倍长石

表1 不同类型岩石中斜长石成分  
Table 1 Plagioclase composition in various type of rocks

| 成因类型             | 岩 类   | 费 氏 台 测 定 |       | 化 学 分 析       |              |            |
|------------------|-------|-----------|-------|---------------|--------------|------------|
|                  |       | An (%)    | 种 属   | An (%)        | Ab (%)       | Or (%)     |
| 长<br>江<br>系<br>列 | 橄榄辉长岩 | 68—71     | 拉一倍长石 | 41.3*         | 57.6*        | 1.1*       |
|                  | 辉长岩   | 53—67.5   | 拉长石   | 40.6*         | 58.2*        | 1.2*       |
|                  | 辉石闪长岩 | 45—40     | 中一拉长石 |               |              |            |
|                  | 闪长岩   | 36—41     | 中长石   | 12.22, 32.93* | 71.25, 64.5* | 16.5, 2.5* |
|                  | 石英闪长岩 | 27—39     | 中长石   |               |              |            |
|                  | 花岗闪长岩 | 22—47     | 更一中长石 | 20.81—30.61   | 62.89—63.67  | 6.47—15.66 |
|                  | 辉石二长岩 | 28—37     | 更一中长石 | 42.2*         | 55.9*        | 1.8*       |
|                  | 石英二长岩 |           |       | 27.3          | 67.7         | 5.0        |
|                  | 二长花岗岩 | 31.5      | 中长石   |               |              |            |
| 江南系列             | 二长花岗岩 | 20—28     | 更一中长石 |               |              |            |
| 苏州式              | 钾长花岗岩 | 3—12      | 钠—更长石 |               |              |            |
| 大龙山式             | 石英正长岩 | 26        | 中长石   |               |              |            |

\* 电子探针分析结果。

( $A_n=70\%$ 左右), 仅局限于橄榄辉长岩中;  $\langle 2 \rangle$ . 拉长石 ( $A_n=53-68\%$ ), 见于辉长岩、辉石闪长岩中;  $\langle 3 \rangle$ . 中长石 ( $A_n=30-45\%$ ), 见于闪长岩, 石英闪长岩及花岗闪长岩中;  $\langle 4 \rangle$ . 更长石 ( $A_n=20-28\%$ ), 见于花岗岩, 花岗闪长岩中;  $\langle 5 \rangle$  钠长岩, 主要见于苏州钾长花岗岩中。此外, 还有常作为苏州钾长花岗岩及大龙山石英正长岩中条纹长石的钠相条纹及中, 更长石的净边。

本区斜长石中, 除钙长石分子 ( $A_n$ ) 和钠长石分子 ( $Ab$ ) 外, 尚含有一定数量的钾长石分子 ( $Or$ )。Or随Ab增加而增加, 其含量不少于1%, 大部分在6—8%范围内。这可能与本区中浅成小侵入体形成温度较高而引起的三端元混溶有关。

### 〈二〉斜长石的结构状态:

部分样品用Ribble(1980)的用 $A_n$ 及 $\Delta(131)$ 测定 $t_{10}-\langle t_{1m} \rangle$ 的图表定结构态。成

表 2 不同类型岩石中斜长石结构状态  
Table 2 Structure of plagioclases in various type of rocks

| 序号 | 成因类型             | 岩体名称 | 样品号        | 岩石类型   | X光衍射测定        |       |                                 |
|----|------------------|------|------------|--------|---------------|-------|---------------------------------|
|    |                  |      |            |        | $\Delta(131)$ | $A_n$ | $t_{10}-\langle t_{1m} \rangle$ |
| 1  | 长<br>江<br>系<br>列 | 宝    | 81B-1      | 花岗闪长斑岩 | 1.737         | 27.5  | 0.4*                            |
| 2  |                  | 武 山  | 81W-RD-1   | 花岗闪长斑岩 | 1.72          | 17.5  | 0.38*                           |
| 3  |                  | 东雷湾  | 81Do-2     | 花岗闪长斑岩 | 1.641         | 30.0  | 0.52*                           |
| 4  |                  | 月 山  | ZK01-2     | 闪长岩    | 1.396         | 5.65  | 0.692                           |
| 5  |                  | 铜官山  | 83T 371-19 | 石英闪长岩  | 1.624         | 20.76 | 0.4956                          |
| 6  |                  | 东石门  | 83T-E-30   | 含辉石闪长岩 | 1.686         | 39.77 | 0.481                           |
| 7  |                  | 滁 县  | ch-5       | 石英闪长玢岩 | 1.64          | 26    | 0.50*                           |
| 8  |                  | 滁 省  | 84ch-5     | 石英闪长玢岩 | 1.652         | 23.24 | 0.459                           |
| 9  |                  | 冶 山  | E-1        | 二长花岗岩  | 1.69          | 25    | 0.44*                           |
| 10 |                  | 冶 山  | E-11       | 二长花岗岩  | 1.73          | 31    | 0.41*                           |
| 11 |                  | 冶 山  | E-13       | 石英闪长岩  | 1.61          | 17    | 0.48*                           |
| 12 |                  | 蒋 庙  | J-1        | 橄榄辉长岩  | 1.86          | 43    | 0.30*                           |
| 13 |                  | 石 马  | 84宁-11     | 石英二长岩  | 1.694         | 26.20 | 0.424                           |
| 14 |                  | 高 资  | Xs-14      | 石英二长岩  | 1.74          | 13    | 0.36*                           |
| 15 |                  | 高 资  | ZK101-18   | 石英闪长岩  | 1.716         | 28.68 | 0.4089                          |
| 16 |                  | 雷 巷  | Xi-g-2     | 文象花岗岩  | 1.49          | 18    | 0.63*                           |
| 17 |                  | 雷 巷  | Xi-g-3     | 文象花岗岩  | 1.60          | 30    | 0.57*                           |
| 18 |                  | 安基山  | ZK1601-21  | 花岗闪长斑岩 | 1.698         | 32.15 | 0.4395                          |
| 19 |                  | 安基山  | ZK1704-14  | 石英闪长玢岩 | 1.802         | 33.84 | 0.3365                          |
| 20 | 江南系列             | 洪 镇  | 83y-18     | 二长花岗岩  | 1.444         | 18.64 | 0.679                           |
| 21 | 苏州式              | 苏 州  |            | 钾长花岗岩  |               |       | 0.9 <sup>(1)</sup>              |

注: 带\*者样品, 系根据苏树春、叶大年同时测定斜长石成分和结构态图表测定成分, 在Ribble图上求出 $t_{10}-\langle t_{1m} \rangle$ 。

〔1〕系收集资料

分的鉴定,采用孙以谏(1982)建立的用粉晶晶胞确定成分的回归公式。部分样品是用苏树春、叶大年(1981)的 $\theta$ E函数 $\Delta 2\theta = 2\theta(204) - 2\theta(400)$ 和其它函数配合同时测定斜长石成分和结构态的方法。为便于对比,笔者将用后一个方法测定的结果投影在Ribble的图表上,求出 $t_{10} - \langle t_{1m} \rangle$ 。列于表2,图1。从测定结果,得出以下几点认识:

1. 不同成因类型侵入岩中,斜长石Al-Si有序化程度 $t_{10} - \langle t_{1m} \rangle$ 不同。由长江系列—江南系列—苏州式, $t_{10} - \langle t_{1m} \rangle$ 依次增高。

2. 同一杂岩体不同次侵入的岩石中,斜长石有序程度不同,如高资杂体岩石英闪长岩中斜长石有序程度明显低于雷巷文象花岗岩, $t_{10} - \langle t_{1m} \rangle$ 分别为0.41和0.63。雷巷文象花岗岩为岩浆演化晚期的产物,尽管其侵位高,规模小但由于早期岩体侵入所造成的热环境及自身岩浆中挥发分和水含量高,岩浆结晶温度降低,冷却缓慢,有利于斜长石中硅铝替代,有序程度增高。

3. 同一岩体不同相带,斜长石结构状态亦不同。如安基山岩体,由于边缘相岩浆冷却速度快,斜长石有序程度低于中心相(表3)。

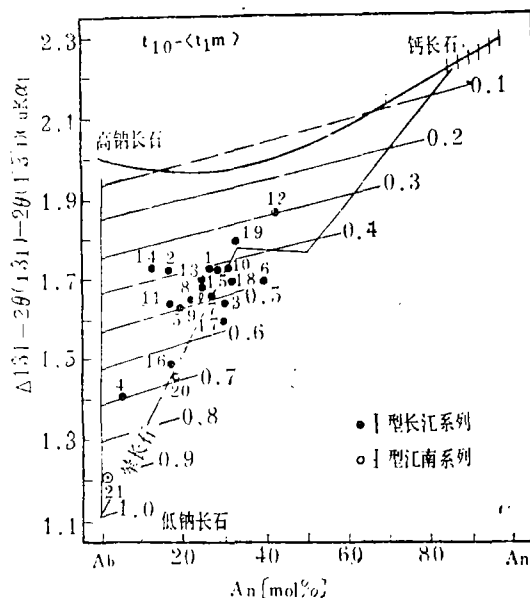


图1 斜长石成分、 $\Delta(131)$ 与有序程度 $t_{10} - \langle t_{1m} \rangle$ 关系(据Krou和Ribble 1980)

1—岩体号,代表岩体同表2序号。●苏州岩体

Fig.1 Correlation of plagioclase composition with its ordering state  $t_{10} - \langle t_{1m} \rangle$  calculated by (131)

表3 安基山岩体不同相带斜长石有序程度

Table 3 Ordering state of plagioclases in Anjishan intrusive body

| 相 | 带 | 样品号       | 岩石类型   | $t_{10} - \langle t_{1m} \rangle$ | $\delta$ |
|---|---|-----------|--------|-----------------------------------|----------|
| 边 | 缘 | ZK1704-14 | 石英闪长玢岩 | 0.337                             | 0.509    |
| 中 | 心 | ZK1601-21 | 花岗闪长斑岩 | 0.440                             | 0.648    |

## 二、碱性长石

碱性长石在本区各类岩石中分布不及斜长石广泛,在各类岩石中的相对含量以碱长石系数 $K = A / (A + P) \times 100\%$ 来表示(表4)。可见碱长石系数 $K$ 随岩石酸性程度增加而增加。

表 4

各类岩石中碱长石系数(K)

Table 4 Alkali-feldspar coefficient(k) of various rocks

| 岩 类        | 闪 长 岩                  | 石英闪长岩                   | 花岗闪长岩                          | 石英二长岩          | 二长花岗岩 | 钾长花岗岩 |
|------------|------------------------|-------------------------|--------------------------------|----------------|-------|-------|
| K 值<br>(%) | 7—10<br>少数20以上<br>可达28 | 10—20<br>少数20以上<br>可达34 | 20—30<br>主要为25—30<br>个别<20或>30 | 43—54<br>个别<40 | 45—50 | >75   |

## 〈一〉. 碱性长石的成分和种属

1. 成分: 碱性长石单矿物化学分析和X光衍射分析结果(表5, 6)表明其成分有如下特点:

〈1〉按长江系列、江南系列、苏州式、大龙山式的次序, Or、An含量逐渐降低, 而Ab含量增加。在Smith分类图中(图2)由钾长石端元向钠长石端元过渡。

〈2〉碱性长石中Ba、Sr含量与主成分关系密切。Ba、Sr含量分别随碱性长石中的Or、An含量的增加而增加。

2. 种属: 据X光衍射分析结果(表7、图2)长江系列岩石中碱性长石属正长石, 江南系列及苏州式、大龙山式, 特别是太龙山式岩石中, 主要为中间微斜长石, 并有少数接近最大微斜长石。

表 5

不同类型岩体中碱性长石的成分(%)

Table 5 Composition of alkali-feldspars in various type of intrusive bodies

| 类 型         |         |    | 长 江 系 列    | 江 南 系 列    | 苏 州 式     | 大 龙 山 式   |
|-------------|---------|----|------------|------------|-----------|-----------|
| 化 学 分 析 结 果 | Or      | 范围 | 55.7—74.4  | 48.0       | 59.3**    | 33.8—58.3 |
|             |         | 平均 | 65.17*(11) |            |           | 45.75(4)  |
|             | Ab      | 范围 | 21.8—41.5  | 46.0       | 38.5      | 39.9—66.7 |
|             |         | 平均 | 30.80      |            |           | 40.63     |
|             | An      | 范围 | 1.1—8.0    | 6.0        | 2.2       | 0.33—3.64 |
|             |         | 平均 | 4.03       |            |           | 1.63      |
|             | Smith分类 |    | 钾透长石—钠透长石  | 钠透长石       | 钠透长石      | 钠透—歪长石    |
| X 光 分 析 结 果 | Or变化范围  |    | 42.2—92.1  | 60.41—65.1 | 44.6—66.2 | 37.0—58.9 |
|             | Or平均值   |    | 64.65(19)  | 62.9(4)    | 56.72(6)  | 44.63(5)  |
|             | K相/Na相  |    | 0.67—5.71  | 1.69—2.0   | 0.71—2.18 | 0.56      |

\* 括号内为计算样品数。

\*\* 碱性长石中包裹斜长石导致Ab、An增加, Or偏低。

表 6

碱性长石中Ba、Sr含量

Table 6

Ba, Sr content in alkali-feldspars

| 岩 体   | 样 品 号    | Ba(ppm) | Sr(ppm) | Or(mol%) | An(mol%) |
|-------|----------|---------|---------|----------|----------|
| 石 马   | 84宁-11   | 2739    | 337     | 67.2     | 2.6      |
| 高 资   | ZK101-18 | 4109    | 558     | 73.0     | 4.0      |
| 洪 镇   | 83y-18   | 2760    | 363     | 48*      | 6.0      |
| 大 龙 山 | 83y-16   | 37.4    | 6.01    | 33.0     | 0.3      |

\* X光分析Or总 为65.11%。

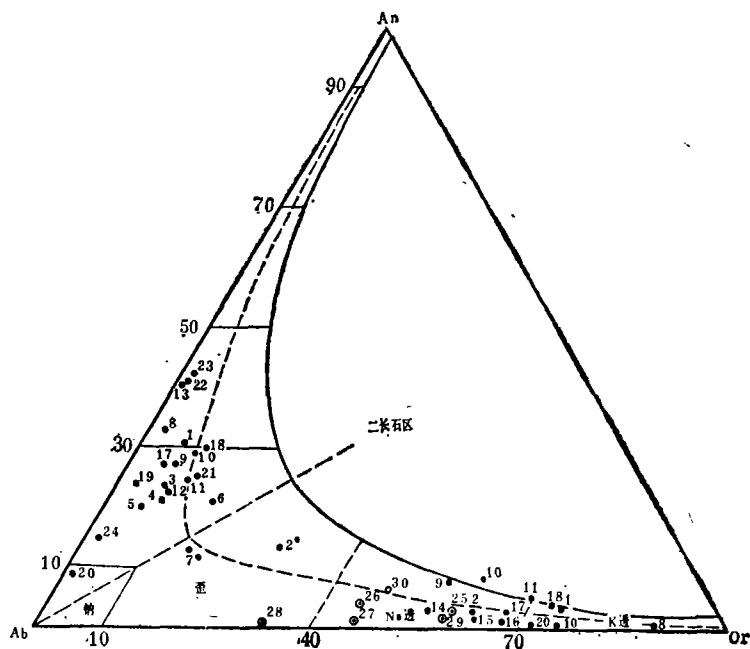


图 2 长石分类 (据 Smith 1974)

• 长江系列    ◦ 江南系列    ⊙ 苏州式、大龙山式

Fig. 2 Classification of feldspar

据镜下及X光分析,本区绝大多数碱性长石为条纹长石,条纹晶粒大小及钾相与钠相的相对含量,在各类型岩石中亦有差别。长江和江南系列岩石中,为隐纹—微纹长石, K相/Na相分别为0.67—5.71(平均2.27)和1.69—2.0。苏州花岗岩中为条纹长石, K相/Na相=0.71—2.18(平均1.50)。大龙山石英正长岩中则为反条纹长石, K相/Na相=0.56。碱性长石中条纹发育程度及钠长石组分含量,按上述次序,逐渐提高。

表 7

碱性长石结构状态及形变指数

Table 7

Structure state and strained coefficient of alkali-feldspars

| 类 型        |    | 长 江 系 列          |             |             | 江南系列        | 苏 州 式       | 大龙山式        |
|------------|----|------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
|            |    | 成铜岩体             | 成铁(铜)岩体     | 无矿岩体        |             |             |             |
| $t_1$      | 范围 | 0.666—0.793      | 0.704—0.793 | 0.709—0.793 | 0.73—0.928  | 0.755—0.928 | 0.78—0.916  |
|            | 平均 | 0.716(7)         | 0.728(4)    | 0.736(8)    | 0.803(6)    | 0.829(9)    | 0.831(11)   |
| z          | 范围 | 0.332—0.534      | 0.409—0.582 | 0.418—0.585 | 0.497—0.855 | 0.51—0.85   | 0.606—0.831 |
|            | 平均 | 0.433            | 0.456       | 0.472       | 0.606       | 0.658       | 0.663       |
| y          |    | 0.001            | 0.001       | 0.001       | 0.001—0.551 | 0.001—0.720 | 0.001—0.732 |
| $\Delta a$ |    | -0.006<br>-0.067 | 0.074—0.090 | 0.076—0.13  | 0.076—0.131 | 0.065—0.141 | 0.149—0.196 |

括号内为参加计算的样品数。

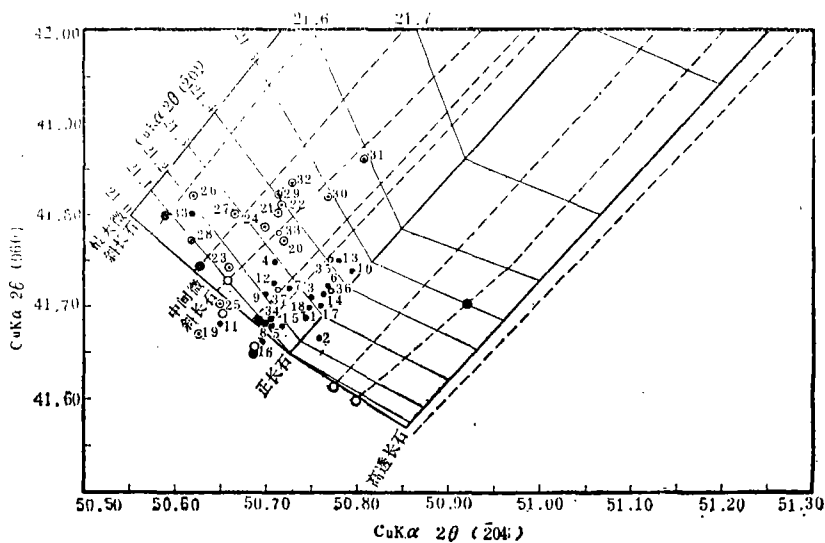


图 3 碱性长石X-射线衍射结果(据Wright 1968年)

1—18、34为长江系列; 19—23、苏州岩体; 24—27—黄山岩体;

28—32大龙山岩体; 33、35—38江南系列

• 长江系列    ◦ 江南系列    ⊙ 苏州式、大龙山式    ● 原作者标准样品    ○ 原作者标准样品

Fig.3 X ray diffraction data of alkali-feldspar

## 〈二〉碱性长石的结构状态:

碱性长石结构态参数的测定是根据晶胞参数及其倒易, 用以谏(1982)建立的统计公式计算 $t_1$ 、 $\Delta t$ 、 $Or$ , 并换算成汤姆逊系数 $Z$ 、 $Y$ 。

1、碱性长石铝占位度 $t_1$ 、汤姆逊系数 $Z$ 、 $Y$ 在不同类型岩石中的分布,由表7、图4表明,由长江系列—江南系列—苏州式、大龙山式,依次增高。长江系列不同成矿岩体内碱性长石的 $t_1$ 、 $Z$ 值亦有差异,无矿岩体明显高于成矿岩体,而成矿岩体中,成铁岩体又高于成铜岩体。

$t_1$ 、 $Z$ 与熔浆成分之间存在较密切的正相关关系,用一元线性回归计算 $t_1$ — $\text{SiO}_2$ 、 $t_1$ — $\text{DI}$ 、 $Z$ — $\text{SiO}_2$ 、 $Z$ — $\text{DI}$ 其相关系数均大于0.7(表8)。

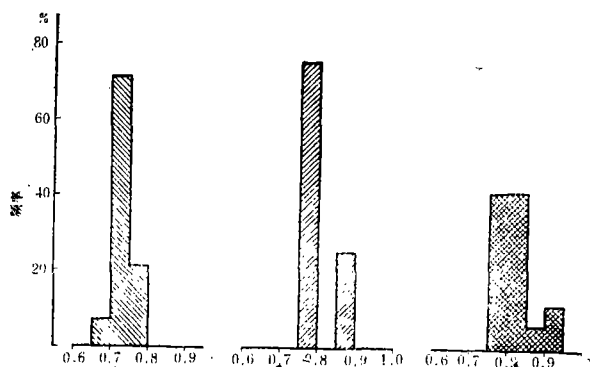


图4 碱性长石铝占位度 $t_1$ 在不同类型岩石中分布频率

长江系列14个岩体 江南系列4个岩体 苏州式、大龙山式4个岩体

Fig. 4 Frequency of aluminum occupancy( $t_1$ ) of alkali-feldspar in various type of rocks

表8 长石结构有序程度与全岩化学成分指标相关系数

Table 8 Correlation coefficient of feldspars structure with bulk composition of rocks

|                | $t_1$    | $z$       | $t_1 - \langle t_{1m} \rangle$ |
|----------------|----------|-----------|--------------------------------|
| $\text{SiO}_2$ | 0.73(21) | 0.703(21) | 0.67(14)                       |
| DI             | 0.76(14) | 0.762(14) |                                |

\* 括号内为参数计算的样品数

## 2. 碱性长石晶胞形变指数 $\Delta a$ 与成矿的关系:

根据Sterwart和Wright(1974)提出的形变指数 $\Delta a$ 计算公式计算了本区30个碱性长石的 $\Delta a$ 值(表7、图5)。

由表7、图5表明,不同类型岩石中,碱性长石的 $\Delta a$ 值有差异,其中大龙山式 $\Delta a$ 最大,长江系列 $\Delta a$ 最低,而长江系列各岩体中,成铜岩体 $\Delta a$ 绝大部分小于 $0.05 \text{ \AA}$ ,成铁岩体 $\Delta a$ 为 $0.074-0.09 \text{ \AA}$ ,无矿岩体 $\Delta a$ 为 $0.076-0.13 \text{ \AA}$ 。上列数值可以得出如下认识: $\Delta a$ 值的差异可以作为岩体含矿性的判别标志之一,成铜矿岩体 $\Delta a$ 值小于 $0.05 \text{ \AA}$ 。

必须指出的是 $\Delta a$ 值作为含矿性判别标志,是根据本区情况统计得出的结论,仅是一种探索,有待进一步系统验证。

Sterwart等认为 $\Delta a < 0.05 \text{ \AA}$ 者,晶胞无形变,而 $\Delta a > 0.05 \text{ \AA}$ 时则晶胞异常,导致

晶胞异常的原因,一是碱性长石的共格出溶,一是碱性长石中某些元素如B、Fe、 $\text{NH}_4^+$ 、 $\text{H}_3\text{O}^+$ 等的存在。本区成铜岩体碱性长石 $\Delta a < 0.05 \text{ \AA}$ 的原因,尚有待进一步工作查明。

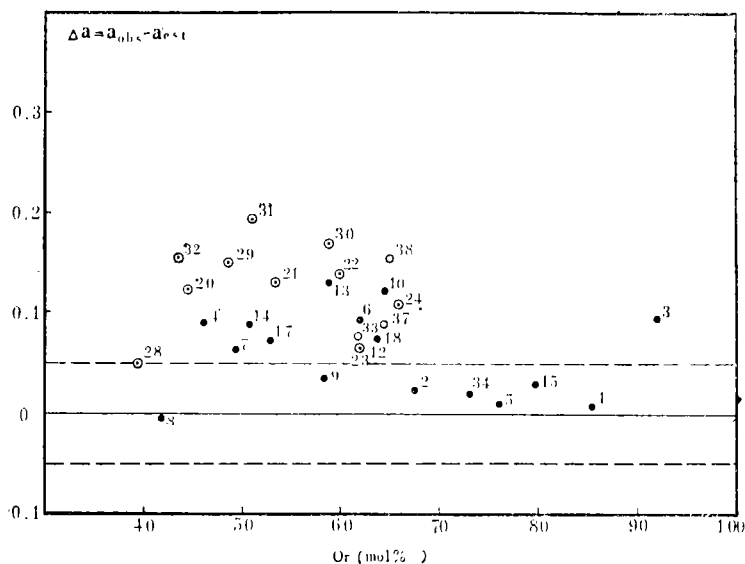


图5 碱性长石形变指数 $\Delta a$ —Or图解 (据 Stewart和Wright 1974)

1—宝山, 2—武山, 5—天鹅抱蛋山, 7—金口岭,  
8—铜官山, 9—冬瓜山, 15—安基山, 34—贵池铜山。  
• 长江系列    ◦ 江南系列    ⊙ 苏州式、大龙山式

Fig. 5 Strain coefficient( $\Delta a$ ) vs. Or of alkali-feldspar

### 三、二长石晶出温度、条纹长石出溶温度 及影响长石结构的因素

长石的成分大致上可以反映岩浆结晶时的温度,而长石的结构态则基本上反映了岩浆结晶时和结晶后的热历史。

#### 〈一〉二长石晶出温度:

据Q-Ab-Or相图分析,本区各类岩体形成时的压力:长江系列 0.5—1kb;江南系列 1—2kb; A型 0.5—2kb。根据Whitney和Stormer (1977) 推导的低温二长石系列温度计算表达式,计算压力为 1kb 和 2kb时的晶出温度(表9)。可以看出当压力相差 1kb时,对温度的影响在20℃以内。

苏州岩体晶出温度低,大龙山式最高,长江系列晶出温度变化范围大。

#### 〈二〉碱性长石中钠相条纹的出溶温度

在较高温度下结晶的碱性长石,随着温度的降低,当达到固溶线后,应由混溶态向离溶态转变,固溶体分解形成条纹长石。本区条纹长石,据镜下观察条纹形态特征及X衍射粉晶资料,初步认为多为非共格出溶。至于大龙山石英正长岩中条纹长石,由于其条

表 9 共存的碱性长石—斜长石晶出温度

Table 9 Crystallization temperature of co-existing alkali-feldspar and plagioclase

| 类 型              | 岩 体   | 二 长 石 晶 出 温 度 (°C) |      |
|------------------|-------|--------------------|------|
|                  |       | 1Kb                | 2Kb  |
| 长<br>江<br>系<br>列 | 宝 山   | 708                | 722  |
|                  | 武 山   | 848                | 864  |
|                  | 月 山   | 519                | 530  |
|                  | 天鹅抱蛋山 | 978                | 995  |
|                  | 天鹅抱蛋山 | 888                | 904  |
|                  | 金 口 岭 | 765                | 779  |
|                  | 石 马   | 821                | 837  |
|                  | 高 资   | 749                | 763  |
|                  | 雷 巷   | 616                | 629* |
| 苏 州 式            | 苏 州   | 739                | 753  |
| 大 龙 山 式          | 黄 梅 尖 | 895—1011**         |      |
|                  | 大 龙 山 | 928**              |      |

\* 据电子探针分析结果计算;

\*\* 收集资料, 压力为1.5kb.

纹形态具典型的Spencey M型(据Ribble 1983)结构, 而 $\Delta a$ 又很大( $\Delta a = 0.149 - 0.196$ ), 是否系共格出溶, 有待X衍射单晶分析验证, 暂作非共格出溶看待。据Brown和Parson(1984)低压缓慢冷却条件下碱性长石固溶相图(图6)。由SFS出溶线得出碱性长石出溶温度及出溶延续温度间隔(表10)。按长江系列、江南系列、苏州式、大龙山式的次序, 条纹长石出溶温度及延续的温度间隔逐渐增大。I型岩石中条

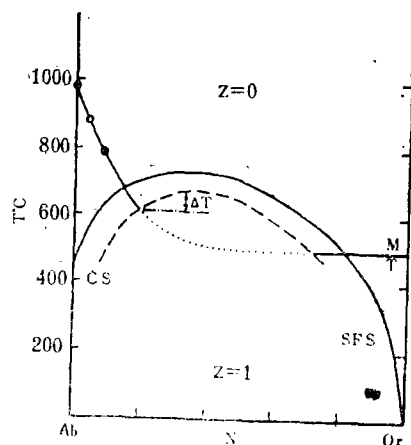


图 6 碱性长石固溶相图 (Brown和Parsons 1984) (低压、缓慢冷却条件下)。

Fig. 6 Solvus phase diagram of alkali-feldspar

纹出溶温度低、间隔小,形成隐纹或微纹长石,有序度低。苏州式和大龙山式,特别是大龙山石英正长岩,条纹出溶温度高、间隔大,出溶比较彻底,形成条纹长石和反条纹长石,有序程度高。

表10

碱性长石固溶相出溶温度

Table 10

Exsolution temperature of perthite

| 类 型             |     | 长 丁 系 列         | 江 南 系 列     | 苏 州 式       | 大 龙 山 式     |         |
|-----------------|-----|-----------------|-------------|-------------|-------------|---------|
| Or <sub>总</sub> | 范 围 | 43.2—79.96      | 60.4 —65.0  | 44.6 —66.2  | 37.0—58.9   |         |
|                 | 平 均 | 61.8            | 62.9        | 56.7        | 44.6        |         |
| Or <sub>纹</sub> | 范 围 | 83.19—94.4      | 90.37—94.98 | 90.05—96.05 | 86.34—95.66 |         |
|                 | 平 均 | 89.97           | 92.05       | 93.1        | 91.43       |         |
| 出 溶 温 度 (℃)     | 范围  | 始               | 720—510     | 660—630     | 720—610     | 730—660 |
|                 |     | 止               | 480—300     | 380—280     | 380—250     | 430—250 |
|                 | 平均  | 始               | 650         | 640         | 670         | 720     |
|                 |     | 止               | 380         | 330         | 315         | 350     |
|                 |     | 出溶 延续 温度 间隔 (℃) |             | 270         | 310         | 355     |

### 〈三〉长石结构态的影响因素:

结晶温度对长石结构态的影响,在长江系列各岩体中反映比较明显。结晶温度高,铝占位度 $t_1$ 低(如武山岩体结晶温度850℃,  $t_1 = 0.666$ )。结晶温度低,  $t_1$ 高(如月山和雷巷岩体,结晶温度分别为520℃和620℃,  $t_1$ 为0.761和0.793)。

一般地说,岩浆冷却缓慢,使长石中Si、Al间有充分的条件进行调整,形成有序程度高并向三斜转变的碱性长石。例如大龙山、黄梅尖岩体,虽然结晶温度度(900°—1010℃),但由于岩体规模大,侵位低,岩浆缓慢冷却,碱性长石有序程度高,  $t_1 \geq 0.8$ ,且出现最大微斜长石。长江系列岩体规模小,侵位高,冷却快,碱性长石有序程度低,  $t_1$ 为0.70—0.75。

此外,挥发分,特别是F<sup>+</sup>的存在,提高了碱性长石的有序程度,苏州式和大龙山式岩体中有较多的萤石,岩浆富含挥发分,碱性长石有序程度高。

## 小 结

1. 斜长石的有序程度 $t_{10} - \langle t_{1m} \rangle$ ,由长江系列—江南系列—苏州式,依次增高,同一杂岩体不同侵入阶段或不同相带岩石中斜长石的有序程度不同。

2. 不同成因类型岩石中碱性长石的成分,结构态和钠相条纹出溶特征,依长江系列、江南系列、苏州式、大龙山式顺序,有如下特点:碱性长石中Or、An含量递减;铝占位度 $t_1$ 增高;钠相条纹含量递增、品粒变粗;Ba、Sr含量分别随Or、An增加而增

加。

3. 碱性长石固溶体出溶温度、出溶程度与长石中Or含量及岩体形成时的冷却速度有关。长江系列、江南系列岩石中碱性长石出溶温度低,出溶过程延续的温度间隔小,出溶不完全,形成隐纹或微纹长石,有序程度低。苏州式、大龙山式岩石中碱性长石出溶温度高,延续时间长,出溶比较彻底,形成条纹长石,有序程度高。

4. 碱性长石的形变指数 $\Delta a$ ,在本区长江系列岩体中,可以作为含铜矿岩体的判别标志之一。成铜岩体的 $\Delta a$ 值明显低于无矿岩体及成铁岩体。

5. 二长石晶出温度,苏州花岗岩低,大龙山式最高,而长江系列岩体规模大小和岩石类型不同而有差异,变化范围大。

6. 影响长石结构状态诸因素中起主要作用的是岩浆的结晶温度和岩浆冷却的速率,而岩体规模、侵位深度和岩浆成分(包括酸、碱度、挥发分等)等因素则可以影响岩浆的结晶温度和冷却速率。岩浆成分,岩体规模及侵位深度在某种程度上又反映了岩体形成的物化环境,因此,长石的结构态可以提供岩石的成因及其含矿性等信息。

样品的X衍射测试及化学分析分别由本所矿物波谱组和化学实验室承担,绘图组同志帮助清绘图件。全文承蒙孙以谏同志仔细审阅,在此,笔者一并表示诚挚的谢意。

#### 主要参考文献

- [1] 孙以谏,1982,用X射线粉末图定斜长石及高三元长石成分的方法。南京地质矿产研究所刊,第三卷第三期
- [2] 孙以谏,1984,碱性长石有序化途径的再研究。南京地质矿产研究所刊,第五卷第三期
- [3] 王 濮等,1984,系统矿物学。地质出版社
- [4] D. B. Sterwart and T. L. Wright, 1974, Al/Si order and symmetry of natural cell parameters to bulk composition "Bull Soc Franc Mineral" Ctistollogr, Vol.97.
- [5] W. L. Brown, 1984, Feldspars and Feldspathoids Structures, Properties and Occurrences. D. Reidel Publishing Company.

## CHARACTERISTICS OF FELDSPARS OF THE ACID-INTERMEDIATE INTRUSIVE ROCKS IN MIDDLE-LOWER REACHES OF THE CHANGJIANG RIVER AND ITS GEOLOGICAL SIGNIFICANCE

Su Youxiang, Mao Jianren, Yue Yuanzhen,

Cheng Qifen, Chen Sanyuan, Zhao Shuliang

(IGMR, Nanjing)

### Abstract

According to their geological, petrological, geochemical and mineralizing characteristics the acid-intermediate intrusive rocks in the middle-lower Yangtze area may be divided into four groups: Jiangnan series, Changjiang series, Suzhou pattern and Dalongshan pattern.

More than forty samples from 26 intrusives have been studied. The bulk composition, structure state and exsolution mechanism of the feldspars reveal certain petrogenetic information. There may exist relationship between strain coefficient of alkali-feldspar ( $\Delta a$ ) and mineralization of the intrusives.

1) Ordering state of plagioclase  $t_{10}-(t_{1m})$  increases from Changjiang series through Jiangnan series to Suzhou pattern. Ordering state changes in differing intrusive stages or phases of the same complex.

2) In the sequence of Changjiang series  $\rightarrow$  Jiangnan series  $\rightarrow$  Suzhou pattern  $\rightarrow$  Dalongshan pattern, the Or and An contents of the alkali-feldspars decrease regularly; Al occupancy  $t_1$  increases from 0.70 to 0.85; the albite content increases, the perthite is transformed into antiperthite, the lamellae becomes coarser, the cryptoperthite is transformed into mesoperthite and perthite.

3) In respect to exsolution temperature of the alkali-feldspars, it is lower in Changjiang and Jiangnan series rocks with a short temperature interval of exsolution process (about 220-265°C) and incomplete exsolution and lower ordering degree, but higher in A-type rocks with a long temperature interval about 295-310°C, more complete exsolution and higher ordering degree.

4) In Suzhou Pattern and Dalongshan pattern Changjiang series, the strain coefficient of alkali-feldspars ( $\Delta a$ ) is much lower in Cu-mineralized intrusive bodies than in barren and Fe-ore related ones.

5) Among the various factors affected structure state of feldspar, the magmatic crystallizing temperature and cooling rate are most important, but they are affected by the size of intrusive body, emplacement depth and magmatic composition such as acidity, volatile and so on.