科 学 通 报
第 39 卷 第 11 期 CHINESE SCIENCE BULLETIN 1994 年 6 月

# 中国东南活动大陆边缘的矿物标志：钙长石质斜长石*

周新民 徐夕生 董传万 李惠民
(南京大学地球科学系，南京 210008) (天津地质矿产研究所，天津 300171)

**关键词** 钙长石质斜长石、闽东南

钙长石质斜长石(Anorthitic plagioclase)，即含钙长石分子 An85%—100% 的斜长石，在自然界少见．它在地球上的主要产状，如 Beard[1, 2] 和 Wilson[3] 指出，是在岛弧或活动大陆边缘的堆晶辉长岩中(如小安的列斯群岛[4]、阿留申群岛[5] 和美国西部克拉马斯山[6] 等)，未见于洋脊、洋岛和拉斑质层状辉长岩中．本文就闽东南晚中生代四个辉长岩类岩体中钙长石质斜长石的被鉴别及其地质含义作一论述．

## 1 斜长石成分与辉长岩类岩石学

在浙闽沿海晚中生代造山带南段的福州—厦门地区，即闽东南地区，分布着十余个辉长质小岩体．在它们的堆晶相或早阶段分异结晶岩石中，广泛出现 An>85% 的斜长石．其电子探针和费氏台上的成分测定结果分别如表 1 和图 1.

表 1 闽东南晚中生代辉长岩类中富钙长石分子的斜长石化学成分[a)]

| 顺序号 | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $SiO_2$ | | 47.74 | 46.57 | 44.52 | 46.80 | 47.64 | 47.89 | 49.65 | 48.51 |
| $TiO_2$ | | 0.00 | 0.00 | 0.02 | 0.03 | 0.02 | 0.04 | 0.00 | 0.03 |
| $Al_2O_3$ | | 32.49 | 33.30 | 35.39 | 34.39 | 32.62 | 32.52 | 32.26 | 31.90 |
| FeO* | | 0.07 | 0.22 | 0.14 | 0.11 | 0.46 | 0.00 | 0.15 | 0.05 |
| MnO | | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.10 | 0.00 | 0.02 |
| MgO | | 0.00 | 0.03 | 0.05 | 0.00 | 0.10 | 0.01 | 0.00 | 0.02 |
| CaO | | 18.19 | 18.83 | 19.18 | 17.63 | 17.94 | 17.90 | 16.14 | 16.32 |
| $Na_2O$ | | 1.24 | 0.82 | 0.50 | 1.46 | 1.13 | 1.68 | 2.26 | 2.63 |
| $K_2O$ | | 0.03 | 0.00 | 0.00 | 0.02 | 0.03 | 0.00 | 0.01 | 0.06 |
| | | 99.76 | 99.77 | 99.80 | 100.44 | 99.94 | 100.14 | 100.47 | 99.54 |
| % | Or | 0.2 | 0.0 | 0.0 | 0.2 | 0.2 | 0.0 | 0.1 | 0.3 |
| % | Ab | 11.0 | 7.3 | 4.6 | 13.1 | 10.2 | 14.6 | 20.2 | 22.5 |
| % | An | 88.8 | 92.7 | 95.4 | 86.7 | 89.6 | 85.4 | 79.7 | 77.2 |

a) 1—4. 前田岱前山层状角闪辉长岩中斜长石；5. 福州官山橄长岩中；6. 平潭岛角闪辉长岩中；7—8. 泉州桃花山角闪辉长岩中．由 JEOL-733 电子探针分析，15 kV，20μA，WDS，温度 20°C，湿度 40°C，刘文峰和张振兴测定．

1993-09-28 收稿，1994-01-26 收修改稿．
* 国家自然科学基金和国家教委基金资助项目．

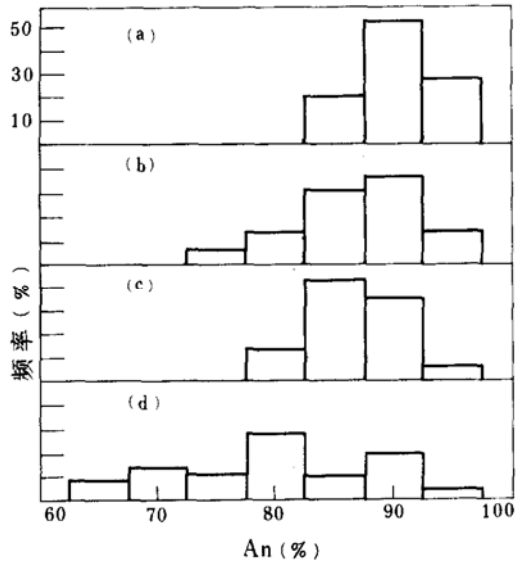


图1 闽东南晚中生代辉长岩类中斜长石成分的变化
(据费氏旋转台上 ⊥ a 切面的消光角法测定)
(a)莆田岱前山层状角闪辉长岩中斜长石,测定数 $n=25$; (b) 福州官山橄长岩和橄榄紫苏辉长岩中,$n=16$; (c) 平潭岛角闪辉长岩中,$n=16$; (d) 泉州桃花山辉长岩中,$n=17$

代表性的4个辉长质岩体是: (1) 莆田岱前山环状堆晶辉长质杂岩,面积约 3.5km$^2$. 主要岩性为角闪辉长岩,较少闪长岩和花岗闪长岩. 斜长石为堆晶矿物,其号码(指An%含量,下同)普遍大于85; (2) 福州南屿官山橄长岩,面积不足 0.5km$^2$. 它的特点是铁镁矿物占矿物总量 1/3—2/5,其中 01≥Cpx+Opx+Amp+Bt+Mt, Opx>Cpx, 斜长石号码变化于 75 和 93 之间,峰值为 85—90; (3) 平潭岛莲花山角闪辉长岩,面积不足 10km$^2$, 呈岩株、岩墙并与花岗质岩石呈岩浆混合关系. 斜长石号码普遍大于 80, 峰值为 85—90; (4) 泉州东郊桃花山辉长岩-闪长岩杂岩,总面积近 4km$^2$. 其中辉长岩的斜长石号码为 62—92, 峰值为 80 和 90.

## 2 钙长石质斜长石成因与辉长岩类产出的地质环境

上述被研究的辉长岩类中钙长石质斜长石的共同特点是: (1) 主要产于角闪辉长岩中,与大量角闪石共生; (2) 呈自形或近于自形,以最早期结晶相或堆晶相产出; (3) 不显环带构造,也无钠质斜长石或碱性长石膜(Mantle); (4) An百分比含量变化于85和95之间,但可与含An百分比小于85斜长石的其他辉长岩,甚至闪长岩和花岗闪长岩、花岗岩,构成演化系列,共存于一个岩体; (5) 普遍被角闪石主晶(Oikocryst)包裹或角闪石填隙于斜长石之间. 这些特点表明,钙长石质斜长石是首晶相,结晶持续时间较短,不形成于易生成具韵律环带斜长石的水气压力波动较大的浅成条件,而在生成大量角闪石的富 $H_2O$ 的中等压力,即 0.5GPa[7] 或 0.5—0.8GPa[8] 条件(相当地壳深处 15—25km)下结晶. 显然,结晶时辉长质岩浆的成分十分富 $Al_2O_3$ 和具较高的 Ca/Na(分子数)比值,其变化范围分别是 17.84—21.15% 和 5.0—12.5 (据4个岩体15个岩石化学资料统计). 据此可以确信,含钙长石质斜长石的角闪辉长岩在化学成分上与高铝玄武岩相当(其 $Al_2O_3$ 含量一般认为 >18%). 有关高铝玄武岩的实验[9]表明,在其液相线上可以生成钙长石质斜长石. 因此,在闽东南辉长岩中产出的钙长石质斜长石形成在相当于高铝玄武岩成分的富 $Al_2O_3$、高 Ca/Na 和富 $H_2O$ 的深成辉长岩浆中.

含钙长石质斜长石的角闪辉长岩和橄长岩的共同特点是: (1) 规模较小; (2) 是侵入杂岩或带状深成堆晶岩系的暗色端员,属 Beard[1] 分类的第 III 类型辉长岩(富角闪石,贫斜方辉石,产于岛弧或活动大陆边缘); (3) 角闪石是镁质普通角闪石. 辉石为富钙的次透辉石,较少紫苏辉石. 一般不含橄榄石(除橄长岩); (4) 共生岩石是堆晶超镁铁岩(莆田长基)、闪长岩、二长闪长岩、花岗闪长岩、花岗岩. 它们的全铁随 $SiO_2$ 的增加而逐步降低,磁铁矿形成于结晶作用全过程(可被各种矿物包裹;反映结晶环境具较高 $fO_2$ 值,不利于 $Fe^{+2}$ 与 Mg、Si 结合生成斜

方辉石).由此表明,上述岩石构成了完整的钙碱性岩石演化系列,如图 2(据 46 个数据绘制);(5)在钙碱性岩系结晶过程早阶段,钙长石质斜长石的晶出(伴有磁铁矿),降低了岩浆中 $Al_2O_3$ 的含量和 Ca/Na 比值,随后是角闪石(和辉石)的结晶,使残余岩浆中 $SiO_2$ 迅速增加,并逐步向富碱方向演变.在这一过程中,生成钙长石质斜长石的高铝玄武质岩浆的分离结晶作用起了主要的作用.

浙闽沿海地区的地质构造单元的性质,是有争议的问题. 就本文论述的含钙长石质斜长石的辉长岩特点及其相关岩石的钙碱性演化趋势,说明浙闽沿海是活动大陆边缘性质的造山带(在某些方面可与北美西部类比),而不是大洋岛弧型造山带,也不是古南海混杂岩带[11]的一部分. 因为该带至今尚未发现令人信服的低钾火山岩系、细碧-角斑岩系和蛇绿岩套等岩石组合,而出现活动大陆边缘岩浆活动[3]特有的、构成浙闽沿海造山带主体的大面积富 $SiO_2$ 的花岗岩、流纹岩及巨厚火山灰流(熔结凝灰岩). 后一事实,说明这些富硅岩浆在起源上应是与基底陆壳物质[12]的深深卷入有关.地球物理资料表明,闽东南沿海地带的地壳厚度与阿留申群岛、小安的列斯群岛、日本、墨西哥、新西兰的相仿(见图 2 说明),其钙碱性岩系的演化趋势也一致.

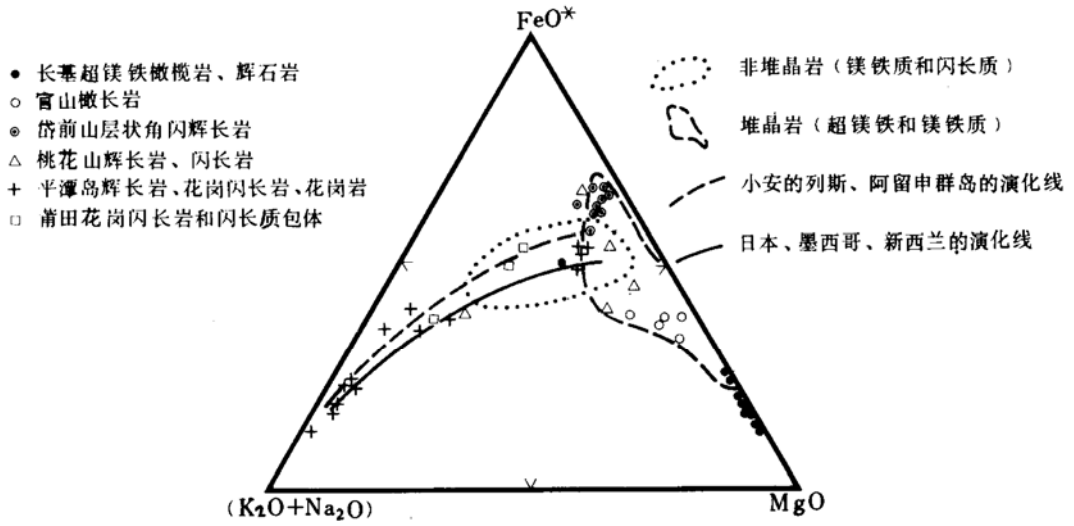


图 2　闽东南晚中生代辉长岩类及有关侵入杂岩的 AFM 图解[1]

小安的列斯群岛、阿留申群岛、日本、墨西哥和新西兰的地壳厚度[10], 分别是 >30km, 24km, 30—40km, 30—50km 和 35km; 闽东南的地壳厚度为 28—32km

作为在闽东南地区存在前寒武纪陆壳基底的旁证是,在笔者研究的泉州桃花山石英辉长岩中,找到了证据确凿的被捕获的古老陆壳的残留,即滚圆状锆石(圆度系数 $P=0.77$—$0.83$;选样过程是将均匀岩石标本手工破碎至小于 200$\mu$m 以下,常规法手选,不用摇床,无污染),测得其中的二颗的 $^{207}Pb/^{206}Pb$ 平均表面年龄值(接近实际值)为 1498±36Ma. 两锆石的平均 U, Pb 含量低,分别为 315ppm 和 57ppm, 指示它起源于中酸性岩石的可能性. 由此表明,15 亿年前或更古老的中酸性陆壳在闽东南沿海地区的存在,它应是所谓的"华夏古陆"结晶基底的深埋部分. 正由于它对岩浆的混染,导致了辉长质岩浆的高度富铝,由此提供了钙长石质斜长石结晶的必要的组分条件. 这一认识与该石英辉长岩(全岩)的 $\varepsilon_{Nd}(T)=-4.4$ ($T=106$Ma) 和

$T_{DM}$=1221Ma 值 ($^{147}Sm/^{144}Nd$=0.1146, $^{143}Nd/^{144}Nd$=0.512357, 杨杰东和陶仙聪测定) 表征的地质地球化学含义是一致的.

综上所述,可以确信闽东南辉长岩中钙长石质斜长石的确定和残留锆石年代学的研究,说明浙闽沿海在晚中生代时期是以前寒武纪陆壳为基底的活动大陆边缘的造山带,伴生的深成岩浆岩属钙碱性系列,该系列的暗色端员主要是高铝玄武质成分的角闪辉长岩和橄长岩,其中的主要组分钙长石质斜长石可以作为中国东南沿海活动大陆边缘的矿物标志.

## 参 考 文 献


[1] Beard, J. S., *Geology*, 1986, **14**: 848—851.
[2] Beard, J. S., *Contr Mineral. Petrol.*, 1989, **103**: 110—122.
[3] Wilson, M., *Igneous Petrogenesis*, Unwin Hyman, 1989, 466.
[4] Arculus, R. J. *et al.*, *J. Petrol.*, 1980, **21**: 743—799.
[5] Conard, W. C. *et al.*, *J. Petrol.*, 1984, **25**: 88—125.
[6] Snoke, A. W. *et al.*, *J. Petrol.*, 1981, **22**: 501—522.
[7] Falloon, T. J. *et al.*, *Earth Planet. Sci. Lett.*, 1986, **81**: 95—103.
[8] Wyllie, P. J. *et al.*, in *The Evolution of the Igneous Rocks* (ed. Yoder, H. S.), 1979, 483—520.
[9] Johnston, A. D., *Contr. Mineral. Petrol.*, 1986, **92**: 368—382.
[10] Gill, J. B., *Orogenic Andesites and Plate Tectonic*, Springer-Verlag, 1981, 358.
[11] Hsü, K. J. *et al.*, *Tectonophysics*, 1990, **183**: 9—39.
[12] Roberts, M. P. *et al.*, *Geology*, 1993, **21**: 825—828.