

## 广东汕头梅花农场煌斑岩脉中的微型辉长岩质包体

曹建劲<sup>1,2,3</sup>, 胡瑞忠<sup>1</sup>, 谢桂青<sup>4</sup>, 刘 燊<sup>1</sup>

(1. 中国科学院地球化学研究所矿床地球化学国家重点实验室, 贵阳 550002;

2. 中山大学地球科学系, 广州 510275; 3. 中国科学院研究生院, 北京 100039;

4. 中国地质科学院矿产资源研究所, 北京 100037)

**摘 要:**在中国东南部, 以往报道获得的深部样品是玄武质岩石中的捕虏体, 而笔者发现的是在广东汕头梅花农场附近煌斑岩脉中的辉长岩质包体。该处距离已发现辉长岩质麻粒岩、橄榄岩、辉石岩等包体的广东普宁麒麟玄武质角砾岩筒仅 28 公里。辉长岩包体由斜长石、单斜辉石组成, 一般大小在 0.2 ~ 0.6 cm 左右, 虽然产在煌斑岩中, 但包体显示辉长结构, 自形一半自形的辉石和斜长石紧密接触交生, 具有原生近于等粒的粒状结构。包体发育多种变形构造, 如双晶纹弯曲或被错断、折断, 应力绢云母化等, 并可见糜棱岩化现象。汕头梅花农场辉长岩质包体的特征与非洲大裂谷亚的斯亚贝巴南部 Akaki - Duncon 地区一个火山链玄武岩中的辉长岩俘虏体类似。

**关键词:**煌斑岩脉; 辉长岩质包体; 广东汕头**中图分类号:** P588.13**文献标识码:** A**文章编号:** 1672 - 4135(2006)03 - 0172 - 07

上世纪五十年代以来, 我国东部新生代玄武岩中的超镁铁岩包体及高压巨晶等下地壳—上地幔包体已有较多的研究<sup>[1~8]</sup>。在我国东南部, 以往唯一能获得深部样品的是玄武质岩石中的捕虏体, 而未见关于煌斑岩脉中辉长岩质包体的报道。作者在开展广东中生代基性岩脉研究时, 在广东汕头梅花农场附近煌斑岩脉中发现辉长岩质包体, 该地距离已发现辉长岩质麻粒岩、橄榄岩、辉石岩等包体的广东普宁麒麟玄武质角砾岩筒仅 28 公里(图 1)。麒麟玄武质角砾岩筒位于广东汕头普宁市麒麟镇, 岩筒直径约 50 m, 围岩为燕山晚期黑云母花岗岩。包体可粗略地划分为四类, 即橄榄岩、辉石岩、辉长岩质麻粒岩以及花岗岩和火山—沉积岩岩石包体。其中, 辉长岩质麻粒岩的矿物组合简单, 主要由单斜辉石和斜方辉石及中—基性斜长石组成<sup>[8]</sup>。

## 1 区域地质概况及寄主岩地质特征

含辉长岩质包体的煌斑岩脉分布于汕头市

西南 16.5 km 的梅花农场附近, 距南海海边 8 km, 产出于燕山期二长花岗岩体中, 周围数百平方千米范围内主要为燕山期花岗岩类和第四系的分布区。区内发育北西和北东向断裂带, 主要的北东向断裂带有: 1) 长乐—南澳断裂带, 北起福建长乐县, 南至广东南澳岛, 是中国东南沿海一条重要的晚中生代岩浆作用、变质作用和变形作用控制带, 至少在 ~130 Ma 已经开始活动<sup>[9]</sup>。断裂带总体呈北东 45° 方向延伸, 往南东倾斜, 大致呈弧形, 略向南东凸出, 由一系列大致平行的压扭性断裂、动力变质带及混合岩带组成<sup>[10]</sup>。2) 汕头断裂带, 呈 45 ~ 50° 方向延伸, 东北段大部分为第四系覆盖, 断裂形迹断续出露, 断裂带可见基岩中广泛发育动热变质现象, 常见压碎、硅化糜棱岩化花岗岩, 侏罗系砂页岩、火山岩强烈柔皱和片理化, 伴有硅化、劈理化等<sup>[11]</sup>。3) 榕江断裂带。位于汕头市南西约 7 km, 走向北西 320° 左右, 倾向北东, 倾角 70 ~ 80°, 属左旋走滑正断层。断裂带两侧常见同向次一级的北西向小断裂和岩脉沿断裂面侵入<sup>[12]</sup>。4) 韩江断裂, 走向北西 295°, 倾向南西,

**收稿日期:** 2005 - 06 - 01**基金项目:** 中国科学院知识创新工程重要方向项目(KZCX3 - SW - 125)资助**作者简介:** 曹建劲(1958 - ), 男, 副教授, 主要从事岩石学、地球化学、矿床学方面的研究工作。

倾角 80°。在潮州北韩江两岸可见断层角砾岩和发育的北西向裂隙,钻孔进一步证明沿北西方向存在破碎带;而进入韩江三角洲后,即成为三角洲的东北边界,是三角洲与丘陵台地的分界线。第四纪沉积物沿断裂两侧存在着差异,北东侧以残坡积居多,南西侧以河流、三角洲和滨海为主<sup>[13]</sup>。辉长岩质包体的寄主岩石煌斑岩

脉宽 2 ~ 3 m,走向北西 330°,近直立。煌斑岩脉由拉长石、次透辉石、角闪石、正长石组成,含有微量金属矿物,为拉辉煌斑岩。矿物成分的电子探针分析结果见表 1。煌斑岩 K-Ar 法年龄测试结果为(73.82 ± 1.20)Ma(由中国地质科学院地质研究所分析)。

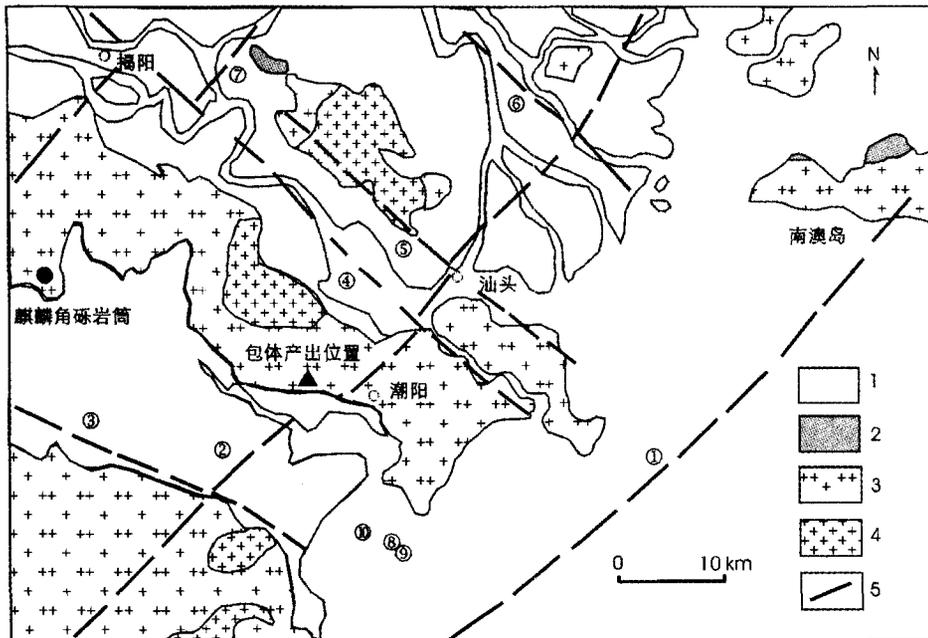


图 1 汕头地区区域地质略图(据陈挺光<sup>[12]</sup>,略有修改)

Fig. 1 Geological sketch map of Shantou area

1. 第四系;2. 侏罗系火山岩;3. 燕山三期花岗岩;4. 燕山四期花岗岩;5. 断裂带及编号;①南澳断裂带;②汕头断裂带;③练江断裂带;④榕江断裂带;⑤桑浦山断裂带;⑥韩江断裂带;⑦潮安断裂带

表 1 寄主岩矿物成分电子探针分析结果(W<sub>b</sub>/%)

Table 1 Electron microprobe analyses of minerals from the hosts(W<sub>b</sub>/%)

| 序号 | Na <sub>2</sub> O | K <sub>2</sub> O | MgO    | MnO    | CaO    | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | FeO    | TiO <sub>2</sub> | SiO <sub>2</sub> | 总量      | 矿物   |
|----|-------------------|------------------|--------|--------|--------|--------------------------------|--------|------------------|------------------|---------|------|
| 1  | 3.124             | 0.261            | 0.118  | 0.053  | 12.936 | 30.414                         | 0.701  | 0.025            | 52.702           | 100.334 | 拉长石  |
| 2  | 0.126             | 13.362           | 0      | 0.097  | 0.116  | 13.638                         | 0.291  | 0.302            | 71.459           | 99.391  | 正长石  |
| 3  | 3.84              | 0.329            | 0.132  | 0.059  | 12.799 | 30.328                         | 0.922  | 0.131            | 51.723           | 100.263 | 拉长石  |
| 4  | 0.301             | 0.014            | 11.86  | 0.247  | 20.754 | 6.346                          | 10.704 | 1.977            | 47.261           | 99.464  | 次透辉石 |
| 5  | 2.300             | 1.068            | 15.082 | 0.277  | 11.138 | 11.540                         | 11.435 | 3.736            | 42.596           | 99.172  | 角闪石  |
| 6  | 2.122             | 0.903            | 14.244 | 0      | 10.062 | 10.707                         | 14.564 | 10.026           | 42.768           | 98.244  | 角闪石  |
| 序号 | Na                | K                | Mg     | Mn     | Ca     | Al                             | Fe     | Ti               | Si               | 总量      |      |
| 1  | 0.2737            | 0.0150           | 0.0079 | 0.0020 | 0.6262 | 1.6195                         | 0.0265 | 0.0008           | 2.3810           | 4.9527  |      |
| 2  | 0.0111            | 0.7723           | 0.0000 | 0.0037 | 0.0056 | 0.7282                         | 0.0110 | 0.0103           | 3.2375           | 4.7798  |      |
| 3  | 0.3386            | 0.0191           | 0.0089 | 0.0023 | 0.6236 | 1.6254                         | 0.0351 | 0.0045           | 2.3521           | 5.0095  |      |
| 4  | 0.0221            | 0.0007           | 0.6710 | 0.0079 | 0.8439 | 0.2839                         | 0.3397 | 0.0564           | 1.7937           | 4.0194  |      |
| 5  | 0.6478            | 0.1979           | 3.2660 | 0.0341 | 1.7334 | 1.9756                         | 1.3891 | 0.4081           | 6.1874           | 15.8395 |      |
| 6  | 0.5688            | 0.1593           | 2.9356 | 0      | 1.4904 | 1.7445                         | 1.6838 | 1.0423           | 5.9124           | 15.5370 |      |

1. 次透辉石的阳离子数以 6 个氧为基础计算,长石的阳离子数以 8 个氧为基础计算,角闪石阳离子数以 23 个氧为基础计算;2. "0"表示含量在检出限以下;3. 由南京大学内生金属矿床成矿机制研究国家重点实验室分析

## 2 辉长岩质包体特征

包体在岩石中的含量有多有少,数量多者可占岩石的 5% 左右,少的只在岩石中零星见到。包体的大小一般在 0.2 ~ 0.6 cm 左右。包体由斜长石、单斜辉石组成,显示辉长结构,自形一半自形具有环带的辉石和斜长石紧密接触交生。已知岩浆结晶的斑晶聚合体是几个矿物晶粒聚合而成,在结构上晶粒之间的粒度一般相差较大,并以直边或弧形边接触,晶粒间的边界线一般不很吻合<sup>[14]</sup>;而捕虏体以等粒原生粒状结构且相邻矿物边界吻合而与聚合体明显不同。汕头附近发现的辉长岩质包体具有原生近于等粒粒状结构,相邻矿物的边界完全吻合紧密接触交生,因此显示为捕虏体结构特征(图 2a, b)。包体可见岩浆贯入裂隙或沿裂隙贯入

填满晶体中空洞的现象,而且发育多种变形构造,如双晶纹弯曲或被错断、折断,应力绢云母化等,并可见糜棱岩化现象。

### 2.1 单斜辉石

在偏光显微镜下,包体单斜辉石为无色至浅绿色,自形一半自形,常见细韵律环带和砂钟构造,也可见到波状消光、碎裂,以及细韵律环带被错断等现象。主要是普通辉石和次透辉石,矿物化学成分(表 2)。可见单斜辉石含铬较高,  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  含量为 0.335% ~ 0.510%。与寄主岩单斜辉石化学成分比较,包体单斜辉石含 Ti, Al, Fe 较低,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , FeO 含量分别为 0.472% ~ 1.257%, 2.397% ~ 5.628%, 6.825% ~ 9.381%, 寄主岩单斜辉石  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , FeO 含量为 1.977%, 6.346%, 10.704%。但包体单斜辉石含 Mg 较高, MgO

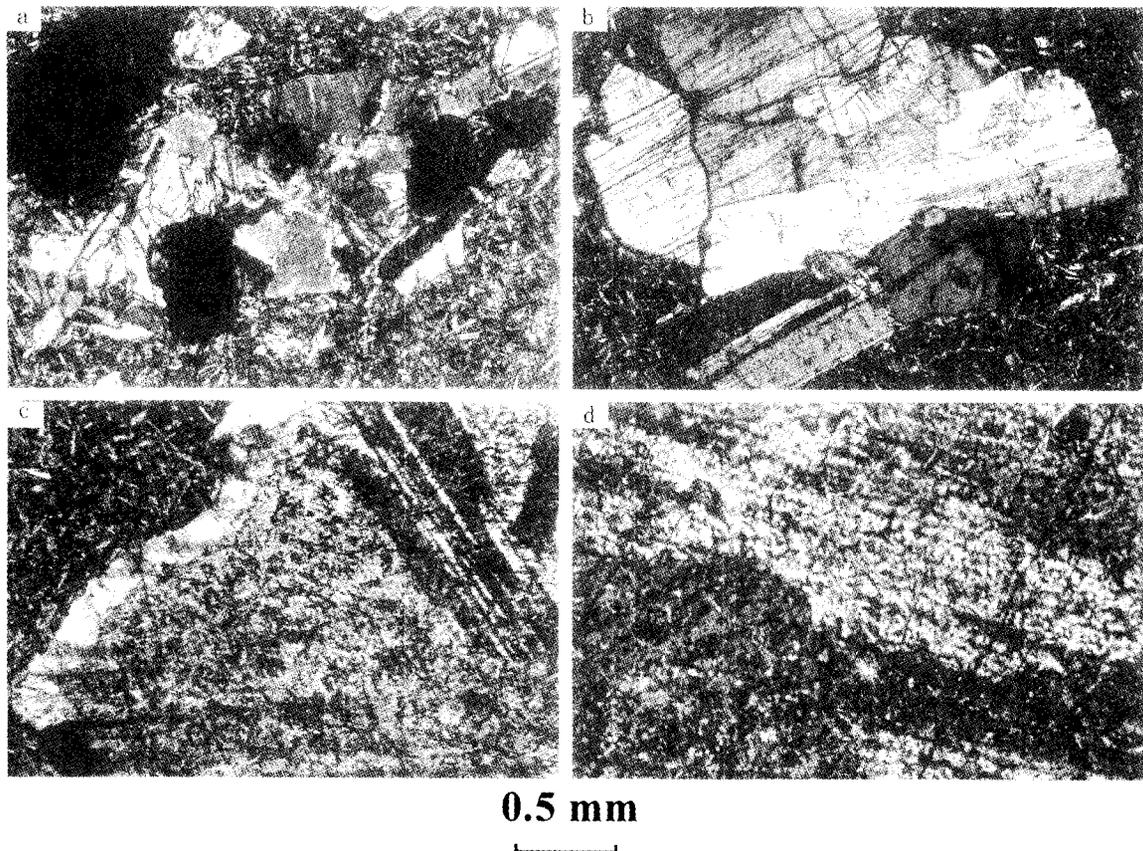


图 2 辉长岩质包体偏光显微镜下照片

Fig. 2 Optical micrograph of the gabbroic xenoliths

a. 包体中相邻矿物的边界完全吻合紧密接触交生,包体外形呈椭圆形,正交偏光;b. 包体中相邻矿物的边界完全吻合紧密接触交生,包体有受应力作用的现象,如斜长石聚片双晶被相邻矿物挤压折断,并出现应力绢云母化,正交偏光;c. 包体中不同的斜长石晶体可由聚片双晶的方向不同判别,包体具有圆化现象,外部边缘有一斜长石的生长环带,生长环带与包体中间部分有较清楚的界线,包体中的矿物发育绢云母化,而生长环带没有发育绢云母化,正交偏光;d. 包体中见聚片双晶的方向不同的斜长石,此包体外部边缘有应为另一期岩浆活动形成的斜长石的生长环带,正交偏光

表 2 单斜辉石电子探针分析结果(W<sub>B</sub>%)Table 2 Electron microprobe analyses of the clinopyroxenes(W<sub>B</sub>/%)

| 序号 | Na <sub>2</sub> O | Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | K <sub>2</sub> O | MgO    | MnO    | CaO    | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | FeO    | TiO <sub>2</sub> | SiO <sub>2</sub> | 总量      |
|----|-------------------|--------------------------------|------------------|--------|--------|--------|--------------------------------|--------|------------------|------------------|---------|
| 1  | 0.369             | 0.335                          | 0.009            | 15.670 | 0.212  | 20.582 | 3.028                          | 6.825  | 0.661            | 51.538           | 99.23   |
| 2  | 0.391             | 0.510                          | 0                | 14.896 | 0.191  | 20.382 | 4.998                          | 7.436  | 0.925            | 49.451           | 99.18   |
| 3  | 0.419             | 0.463                          | 0.008            | 14.059 | 0.185  | 20.790 | 5.628                          | 8.050  | 1.257            | 48.401           | 99.303  |
| 4  | 0.379             | 0.459                          | 0.005            | 14.426 | 0.124  | 20.864 | 4.864                          | 7.159  | 0.962            | 48.896           | 98.138  |
| 5  | 0.147             | -                              | 0.024            | 14.132 | 0.206  | 21.445 | 5.181                          | 7.387  | 0.857            | 49.616           | 98.995  |
| 6  | 0.223             | -                              | 0                | 14.694 | 0.235  | 21.000 | 4.710                          | 7.059  | 0.796            | 49.944           | 98.661  |
| 7  | 0.271             | -                              | 0.001            | 15.715 | 0.172  | 21.593 | 3.708                          | 6.861  | 0.472            | 51.828           | 100.621 |
| 8  | 0.329             | -                              | 0                | 15.532 | 0.194  | 21.047 | 2.967                          | 9.144  | 0.497            | 50.842           | 100.552 |
| 9  | 0.25              | -                              | 0.006            | 13.658 | 0.257  | 21.311 | 5.480                          | 9.381  | 1.002            | 48.877           | 100.222 |
| 10 | 0.114             | -                              | 0.031            | 16.625 | 0.188  | 19.545 | 2.640                          | 7.986  | 0.495            | 52.225           | 99.831  |
| 11 | 0.289             | -                              | 0                | 16.787 | 0.196  | 21.326 | 3.355                          | 7.414  | 0.654            | 51.040           | 101.061 |
| 12 | 0.278             | -                              | 0.016            | 17.025 | 0.176  | 20.163 | 2.578                          | 7.340  | 0.566            | 51.745           | 99.887  |
| 13 | 0.215             | -                              | 0.024            | 13.725 | 0.242  | 21.325 | 3.210                          | 8.555  | 0.748            | 52.242           | 100.286 |
| 14 | 0.246             | -                              | 0.004            | 16.354 | 0.307  | 20.270 | 2.424                          | 7.385  | 0.463            | 52.699           | 100.152 |
| 15 | 0.226             | -                              | 0                | 15.884 | 0.158  | 20.470 | 2.397                          | 7.720  | 0.503            | 51.705           | 99.063  |
| 16 | 0.296             | -                              | 0.011            | 16.451 | 0.135  | 20.973 | 3.467                          | 7.194  | 0.706            | 50.944           | 100.177 |
| 17 | 0.259             | -                              | 0                | 15.047 | 0.106  | 20.517 | 5.104                          | 7.81   | 0.957            | 50.065           | 99.865  |
| 序号 | Na                | Cr                             | K                | Mg     | Mn     | Ca     | Al                             | Fe     | Ti               | Si               | 总量      |
| 1  | 0.0266            | 0.0099                         | 0.0004           | 0.8679 | 0.0067 | 0.8194 | 0.1326                         | 0.2121 | 0.0185           | 1.9149           | 4.0089  |
| 2  | 0.0284            | 0.0151                         | 0                | 0.8299 | 0.0061 | 0.8162 | 0.2202                         | 0.2324 | 0.0260           | 1.8482           | 4.0224  |
| 3  | 0.0305            | 0.0138                         | 0.0004           | 0.7871 | 0.0059 | 0.8366 | 0.2492                         | 0.2529 | 0.0355           | 1.8177           | 4.0307  |
| 4  | 0.0278            | 0.0137                         | 0.0002           | 0.8130 | 0.0040 | 0.8452 | 0.2168                         | 0.2264 | 0.0274           | 1.8485           | 4.0229  |
| 5  | 0.0107            | -                              | 0.0011           | 0.7889 | 0.0065 | 0.8604 | 0.2286                         | 0.2313 | 0.0241           | 1.8579           | 4.0096  |
| 6  | 0.0162            | -                              | 0                | 0.8208 | 0.0075 | 0.8430 | 0.2080                         | 0.2212 | 0.0224           | 1.8713           | 4.0104  |
| 7  | 0.0193            | -                              | 0                | 0.8590 | 0.0053 | 0.8483 | 0.1602                         | 0.2104 | 0.0130           | 1.9004           | 4.0161  |
| 8  | 0.0237            | -                              | 0                | 0.8602 | 0.0061 | 0.8377 | 0.1299                         | 0.2841 | 0.0139           | 1.8887           | 4.0443  |
| 9  | 0.0181            | -                              | 0.0003           | 0.7614 | 0.0081 | 0.8538 | 0.2415                         | 0.2934 | 0.0282           | 1.8277           | 4.0325  |
| 10 | 0.0082            | -                              | 0.0015           | 0.9148 | 0.0059 | 0.7729 | 0.1148                         | 0.2465 | 0.0137           | 1.9277           | 4.0060  |
| 11 | 0.0206            | -                              | 0                | 0.9183 | 0.0061 | 0.8384 | 0.1451                         | 0.2275 | 0.0180           | 1.8728           | 4.0468  |
| 12 | 0.0199            | -                              | 0.0008           | 0.9374 | 0.0055 | 0.7979 | 0.1122                         | 0.2267 | 0.0157           | 1.9112           | 4.0273  |
| 13 | 0.0154            | -                              | 0.0011           | 0.7570 | 0.0076 | 0.8453 | 0.1400                         | 0.2647 | 0.0208           | 1.9328           | 3.9847  |
| 14 | 0.0175            | -                              | 0.0002           | 0.8966 | 0.0096 | 0.7987 | 0.1051                         | 0.2271 | 0.0128           | 1.9380           | 4.0055  |
| 15 | 0.0163            | -                              | 0                | 0.8834 | 0.0050 | 0.8182 | 0.1054                         | 0.2409 | 0.0141           | 1.9290           | 4.0124  |
| 16 | 0.0212            | -                              | 0.0005           | 0.9055 | 0.0042 | 0.8297 | 0.1509                         | 0.2221 | 0.0196           | 1.8810           | 4.0348  |
| 17 | 0.0186            | -                              | 0                | 0.8314 | 0.0033 | 0.8148 | 0.2230                         | 0.2421 | 0.0267           | 1.8556           | 4.0155  |

1. 序号 1 ~ 4 由中山大学测试研究中心分析, 5 ~ 17 由南京大学内生金属矿床成矿机制研究国家重点实验室分析;

2. 阳离子数以 6 个氧为基础计算; 3. “-”表示未作分析, “0”为含量在检出限以下

含量为 13.658% ~ 17.025%, 寄主岩单斜辉石 MgO 含量为 11.86%。与广东普宁麒麟玄武质角砾岩筒麻粒岩包体的单斜辉石化学成分比较, SiO<sub>2</sub>、TiO<sub>2</sub>、CaO 的含量接近, 梅花农场附近辉长岩质包体的单斜辉石 MgO 含量较高, 而 FeO 和 Na<sub>2</sub>O 含量较低, Na<sub>2</sub>O 含量为 0.114% ~ 0.419%。普宁麒麟玄武质角砾岩筒麻粒岩包体的单斜辉石 SiO<sub>2</sub> 含量<sup>[15]</sup>为 47.44% ~ 50.08% (平均 49.09%, 3 个样品根据参考文献 15 的数据计算)、TiO<sub>2</sub> 为 0.31% ~ 1.28% (平均 0.67%)、CaO 为 20.60% ~ 21.27% (平均 20.85%)、MgO

11.53% ~ 11.78% (平均 11.69%)、FeO 为 8.68% ~ 11.38% (平均 10.43%)、Na<sub>2</sub>O 为 0.56% ~ 0.93% (平均 0.70%)。

## 2.2 斜长石

包体斜长石晶体一般为 0.5 × 2 mm, 发育细韵律环带、聚片双晶和卡钠复合双晶。斜长石的电子探针分析结果见表 3, 可见辉长岩质包体中的斜长石 CaO 和 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 含量较高, 为倍长石, 具环带构造斜长石边缘比中间部分更富 Mn 和 Si, 贫 Ca。斜长石有经应力作用的碎裂和晶体弯曲现象, 可见发育细韵律环带的斜长石捕

虏晶有穿越内部环带并与环带近于垂直的裂纹,而这些裂纹明显不穿越最外层生长环带。此外,还见一与环带有 20°交角的裂纹错断内部环带,但也不穿越最外层生长环带。这表明发育细韵律环带的斜长石最早形成,后受应力作用产生裂纹,最外层的斜长石生长环带最后形成,也就是由形成寄主岩的岩浆形成。换言之,这一斜长石明显具有捕虏晶特征。在图 2(c, d)中,还可见由数颗斜长石组成的大小为 0.5 × 0.6 cm 的包体。这一包体中的不同的斜长石晶体可由聚片双晶的方向不同判别,可能是同一斜长石巨晶受应力作用形成方向为聚片双晶的几个颗粒。斜长石晶体除发育聚片双晶外还出现绢云母化的密集麻点。包体具有圆化现象,表明经历过熔蚀。包体外部边缘的斜长石的生长环带一般不出现绢云母化,与包体中间部分有较清楚的界线,说明二者形成于不同的时间。

与寄主岩斜长石化学成分比较,包体斜长石 CaO、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 含量较高(表 3),包体斜长石与外部生长环带的成分也有不同。与广东普宁麒麟玄武质角砾岩筒麻粒岩包体的斜长石化学成分比较,梅花农场附近辉长岩质包体的斜长石 CaO、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、FeO 含量较高,而 Na<sub>2</sub>O 含量较低,CaO、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、FeO、Na<sub>2</sub>O 含量分别为 16.006% ~ 16.515%、31.321% ~ 34.072%、0.397% ~ 0.699%、1.804% ~ 2.489%,普宁麒麟玄武质角砾岩筒麻粒岩包体的斜长石 CaO、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、FeO、Na<sub>2</sub>O 含量<sup>[15]</sup>分别为 9.96% ~ 11.14%(平均 10.54%,3 个样品,根据参考文献 15 的数据计算)、27.29% ~ 28.03%(平均 27.73%)、0.19% ~ 0.23%(平均 0.26%)、4.80% ~ 5.37%(平均 5.22%)。梅花农场附近辉长岩质包体斜长石成分与周新民(1981)报道的福建龙海牛头山晚第三纪拉斑玄武岩中的辉石斜长岩包体倍长石成分<sup>[1]</sup>接近。

表 3 斜长石的电子探针分析结果(W<sub>B</sub>%)Table 3 Electron microprobe analyses of the plagioclases (W<sub>B</sub>%)

| 序号 | Na <sub>2</sub> O | Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | K <sub>2</sub> O | MgO    | MnO    | CaO    | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | FeO    | TiO <sub>2</sub> | SiO <sub>2</sub> | 总量      |
|----|-------------------|--------------------------------|------------------|--------|--------|--------|--------------------------------|--------|------------------|------------------|---------|
| 1  | 2.245             | 0.025                          | 0.185            | 0.101  | 0.031  | 16.383 | 31.471                         | 0.587  | 0.017            | 47.597           | 98.642  |
| 2  | 2.443             | 0.014                          | 0.122            | 0.103  | 0.003  | 16.393 | 31.321                         | 0.557  | 0.049            | 47.962           | 98.967  |
| 3  | 2.489             | 0.009                          | 0.165            | 0.092  | 0.035  | 16.122 | 31.347                         | 0.557  | 0.041            | 48.794           | 99.651  |
| 4  | 1.692             | -                              | 0.102            | 0.090  | 0      | 16.045 | 33.747                         | 0.518  | 0.019            | 48.003           | 100.216 |
| 5  | 1.827             | -                              | 0.081            | 0.102  | 0.059  | 16.047 | 33.840                         | 0.397  | 0.015            | 47.650           | 100.018 |
| 6  | 2.126             | -                              | 0.161            | 0.092  | 0      | 16.006 | 34.072                         | 0.525  | 0.002            | 47.496           | 100.480 |
| 7  | 1.804             | -                              | 0.131            | 0.144  | 0.006  | 16.515 | 33.247                         | 0.637  | 0.042            | 48.282           | 100.808 |
| 8  | 2.164             | -                              | 0.131            | 0.101  | 0      | 16.445 | 32.771                         | 0.699  | 0.061            | 47.556           | 99.928  |
| 9  | 2.188             | -                              | 0.151            | 0.103  | 0.147  | 14.639 | 32.733                         | 0.742  | 0.011            | 49.740           | 100.454 |
| 10 | 2.243             | -                              | 0.161            | 0.112  | 0.158  | 14.838 | 32.786                         | 0.568  | 0.032            | 48.602           | 99.500  |
| 序号 | Na                | Cr                             | K                | Mg     | Mn     | Ca     | Al                             | Fe     | Ti               | Si               | 总量      |
| 1  | 0.2032            | 0.0009                         | 0.0110           | 0.0070 | 0.0012 | 0.8193 | 1.7312                         | 0.0229 | 0.0006           | 2.2215           | 5.0189  |
| 2  | 0.2203            | 0.0005                         | 0.0072           | 0.0071 | 0.0001 | 0.8168 | 1.7168                         | 0.0217 | 0.0017           | 2.2306           | 5.0228  |
| 3  | 0.2225            | 0.0003                         | 0.0097           | 0.0063 | 0.0014 | 0.7965 | 1.7035                         | 0.0215 | 0.0014           | 2.2498           | 5.0129  |
| 4  | 0.1498            | -                              | 0.0059           | 0.0061 | 0      | 0.7852 | 1.8166                         | 0.0198 | 0.0007           | 2.1924           | 4.9765  |
| 5  | 0.1622            | -                              | 0.0047           | 0.0070 | 0.0023 | 0.7873 | 1.8264                         | 0.0152 | 0.0005           | 2.1821           | 4.9877  |
| 6  | 0.1883            | -                              | 0.0094           | 0.0063 | 0      | 0.7834 | 1.8345                         | 0.0201 | 0.0001           | 2.1698           | 5.0118  |
| 7  | 0.1593            | -                              | 0.0076           | 0.0098 | 0.0002 | 0.8057 | 1.7843                         | 0.0243 | 0.0014           | 2.1986           | 4.9912  |
| 8  | 0.1933            | -                              | 0.0077           | 0.0069 | 0      | 0.8116 | 1.7791                         | 0.0269 | 0.0021           | 2.1906           | 5.0182  |
| 9  | 0.1927            | -                              | 0.0087           | 0.0070 | 0.0057 | 0.7123 | 1.7519                         | 0.0282 | 0.0004           | 2.2588           | 4.9656  |
| 10 | 0.1998            | -                              | 0.0094           | 0.0077 | 0.0061 | 0.7302 | 1.7749                         | 0.0218 | 0.0011           | 2.2325           | 4.9836  |

1. 序号 1 ~ 4 由中山大学测试研究中心分析,序号 5 ~ 10 由南京大学内生金属矿床成矿机制研究国家重点实验室分析;2. - 是未作分析,0 为含量在检出限以下;3. 序号 9、10 数据为具斜长石外部生长环带的分析数据

### 3 包体形成温度和压力的估算

根据单斜辉石电子探针分析结果和邱家骥的计算公式( $P = -3.2459 + 64.9210 \text{ Al}, t = 997.0685 + 721.1729 \text{ Al}$ )<sup>[16]</sup>,计算的形成温度在

1 073 ~ 1 202 °C 之间(表 4),平均 1 123 °C,成岩压力为  $3.6 \times 10^8 \sim 15.2 \times 10^8 \text{ Pa}$ ,平均  $8.1 \times 10^8 \text{ Pa}$ 。计算结果与中国东部其它地区新生代玄武岩中的下地壳麻粒岩包体形成压力(湖南道县二辉石麻粒岩 0.734 GPa,安徽女山二辉石麻粒岩

0.7 ~ 0.8 GPa, 河北汉诺坝二辉石麻粒岩 0.6 ~ 1.1 GPa<sup>[17]</sup>一致, 但温度偏高, 仅与广东雷州的下地壳麻粒岩包体温度接近(1 130 ~ 1 160 °C)。如果用  $8.089 \times 10^8$  Pa 代表梅花农场附近辉长岩

质包体的形成压力, 据此推测包体的形成深度大致在 27 ~ 30 km 之间, 该形成深度与麒麟和雷州二辉麻粒岩的形成深度(23 ~ 27 km)<sup>[8, 18]</sup>接近。汕头市现在的地壳厚度是 30 km<sup>[19]</sup>。

表4 辉石的端元组分及成岩温度及压力

Table 4 Temperature and pressure of the end members of pyroxenes and diagenetic

| 序号 | 压力     | 温度        | Fs     | Wo     | En     | 矿物   |
|----|--------|-----------|--------|--------|--------|------|
| 1  | 5.363  | 1 092.696 | 11.475 | 42.991 | 45.534 | 次透辉石 |
| 2  | 11.050 | 1 155.871 | 12.654 | 43.309 | 44.036 | 普通辉石 |
| 3  | 12.932 | 1 176.785 | 13.744 | 44.443 | 41.813 | 普通辉石 |
| 4  | 10.829 | 1 153.419 | 12.196 | 44.755 | 43.049 | 普通辉石 |
| 5  | 11.595 | 1 161.929 | 12.604 | 45.592 | 41.804 | 普通辉石 |
| 6  | 10.258 | 1 147.072 | 12.082 | 44.547 | 43.370 | 普通辉石 |
| 7  | 7.154  | 1 112.600 | 11.218 | 44.112 | 44.670 | 普通辉石 |
| 8  | 5.187  | 1 090.749 | 14.596 | 42.137 | 43.267 | 普通辉石 |
| 9  | 12.433 | 1 171.232 | 15.730 | 44.546 | 39.723 | 普通辉石 |
| 10 | 4.207  | 1 079.859 | 13.009 | 39.840 | 47.151 | 次透辉石 |
| 11 | 6.174  | 1 101.711 | 11.737 | 42.125 | 46.138 | 普通辉石 |
| 12 | 4.038  | 1 077.984 | 11.803 | 40.553 | 47.644 | 普通辉石 |
| 13 | 5.843  | 1 098.033 | 14.525 | 45.093 | 40.382 | 普通辉石 |
| 14 | 3.577  | 1 072.864 | 12.251 | 41.340 | 46.408 | 次透辉石 |
| 15 | 3.597  | 1 073.080 | 12.624 | 42.014 | 45.362 | 次透辉石 |
| 16 | 15.185 | 1 201.809 | 11.367 | 41.663 | 45.471 | 次透辉石 |
| 17 | 5.363  | 1 092.696 | 12.974 | 43.073 | 43.953 | 普通辉石 |

端元组分单位为%, 压力的单位为  $10^8$  Pa, 温度的单位为 °C

## 4 讨论

(1) 目前还不能确定这些辉长岩质包体一定是来源于下地壳, 还需要进一步开展研究。但是, 就现有资料看来, 上述包体的岩石特征还是显示了深成岩的特征: 具有辉长岩的结构特点; 受到构造变形的影响; 包体中的矿物呈现辉长岩颗粒大小。这些特征与产于亚的斯亚贝巴南部 Akaki - Duncon 地区一个火山链中辉长岩质的下地壳包体特征一致<sup>[20]</sup>。煌斑岩中辉石较包体辉石明显富 Ti 贫 Mg, 也说明它们是来自不同的岩浆, 因此, 煌斑岩是由包体岩石部分熔融形成的或者是堆晶的可能性较少。煌斑岩可能是来源于上地幔, 这种辉长岩质包体可能是在地壳拉张环境下被快速上升的基性岩浆携带至地表的。

(2) 根据福州—全州—汕头人工爆炸地震测深资料, 本区下地壳下部有一 4 ~ 7 km 厚的高速致密的物质层,  $V_p = 7.02$  km/sec<sup>[15]</sup>, 这应是辉长岩质层。汕头梅花农场煌斑岩脉中的辉长岩质捕虏体可能是来源于这一辉长岩质层。

(3) 汕头梅花农场辉长岩质捕虏体特征与

非洲大裂谷亚的斯亚贝巴南部 Akaki - Duncon 地区一个火山链玄武岩中的辉长岩包体类似。如辉长岩结构的交生形式, 斜长石与单斜辉石的细韵律环带构造, 以及构造变形等。而且, 已有研究认为长乐—南澳断裂是一中、新生代裂谷<sup>[17]</sup>, 因此, 近似的辉长岩质捕虏体反映了长乐—南澳裂谷和东非大裂谷深部都存在相同的辉长岩质层, 而且辉长岩质层的成因可能是一致的。

(4) 梅花农场辉长岩质捕虏体发育细韵律环带构造, 这为研究本区基性岩浆的活动过程及其相应的构造环境变化提供了样品。

### 参考文献:

- [1] 鄂莫岚, 赵大升. 中国东部新生代玄武岩及深源岩石包体[M]. 北京: 科学出版社, 1987, 1 - 490.
- [2] 周新民, 于津海, 徐夕生. 女山玄武岩中麻粒岩捕虏体的发现及意义[J]. 科学通报, 1992, 37(13): 1 198 - 1 201.
- [3] 于津海, 方中, 赖鸣远, 等. 广东雷州新生代玄武岩中石榴麻粒岩相岩石捕虏体的发现[J]. 科学通报, 1998, 43(18): 1 988 - 1 992.
- [4] 夏群科, 陈道公, Etienne Deloule, 等. 广东麒麟幔源角

- 闪石巨晶的氢同位素组成及其指示意义[J]. 科学通报, 1998, 43(20): 2 214 - 2 217.
- [5] 陶奎元, 邢光福, 汪庆华, 等. 浙江新昌基性麻粒岩包体初步研究[J]. 中国区域地质, 2001, 20(3): 328 - 330.
- [6] 徐义刚, 颜文, 孙敏, 等. 大陆地幔变压熔融机制: 广东麒麟幔源包体提供的证据[J]. 科学通报, 2001, 46(11): 943 - 947.
- [7] 黄小龙, 徐义刚. 安徽女山麻粒岩包体的地球化学特征: 下地壳组成及其构造属性初探[J]. 地球化学, 2002, 31(5): 443 - 454.
- [8] 徐夕生, 周新民. 广东新生代麒麟玄武质角砾岩筒中岩石包体的研究[J]. 岩石学报, 1995, 11(4): 441 - 448.
- [9] 李武显, 周新民, 李献华. 长乐—南澳断裂带变形火成岩的 U - Pb 和  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  年龄[J]. 地质科学, 2003, 38(1): 22 - 30.
- [10] 朱云鹤. 一条正在发育的中、新生代裂谷带[J]. 火山地质与矿产, 1998, 19(1): 37 - 39.
- [11] 广东省地质矿产局. 广东省区域地质志[M]. 北京: 地质出版社, 1988, 1 - 941.
- [12] 陈挺光. 汕头市地质构造特征及区域稳定性评价[J]. 广东地质, 1990, 5(1): 51 - 61.
- [13] 陈永禄, 谢博伟. 澄海区地震基本烈度和区域地质构造[J]. 汕头科技, 2005, (3): 11 - 14.
- [14] 史兰斌, 林传勇, 陈孝德, 等. 琼北第四纪玄武岩中微型地幔岩捕虏体的发现及其意义[J]. 地震地质, 2003, 25(增刊): 33 - 42.
- [15] Xu X, O'Reilly S Y, Zhou X, Griffin W L. A xenolith-derived geotherm and the crust - mantle boundary at Qilin, southeastern China[J]. Lithos. 1996, 38: 41 - 62.
- [16] 邱家骧, 曾广策. 中国东部新生代玄武岩中低压单斜辉石的矿物化学及岩石学意义[J]. 岩石学报, 1987, (4): 1 - 9.
- [17] 张祖还, 张宏飞. 下地壳麻粒岩包体研究进展及其意义[J]. 前寒武纪研究进展, 2001, 24(4): 247 - 256.
- [18] 于津海, 赵蕾, 徐夕生. 广东东南新生代玄武岩中麻粒岩相捕虏体的发现及其意义[J]. 高校地质学报, 2002, 8(3): 280 - 292.
- [19] 姚伯初, 曾维军, 陈艺中, 等. 南海北部陆缘东部的地壳结构[J]. 地球物理学报, 1994, 37(1): 27 - 35.
- [20] S. S. 奥古士梯蒂斯. 玄武岩结构图册及其成因意义(路风香, 鄂莫岚, 莫宜学, 等译)[M]. 北京: 地质出版社, 1983, 29.

## Minitype Gabbroic Xenoliths in Lamprophyre around the Meihua Farm, Shantou, Guangdong

CAO Jian-jin<sup>1,2,3</sup>, HU Rui-zhong<sup>1</sup>, XIE Gui-qing<sup>4</sup>, LIU Shen<sup>1</sup>

(1. State Key Laboratory of Ore Deposit Geochemistry, Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guiyang 550002, China; 2. Department of Earth Sciences, Sun Yat-sen University, Guangzhou 510275, China; 3. Graduate School of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039, China; 4. Institute mineral Resources, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037, China)

**Abstract:** In Southeast China, xenoliths were discovered only in the basaltic rocks. In the paper it is reported that some minitype gabbroic xenoliths in lamprophyre are discovered around the Meihua farm, Shantou City, Guangdong Province. The Meihua farm is only 28 km away from the Qilin, Puning County, where the gabbroic granulite / peridotite / pyroxenite xenoliths have been discovered in a basaltic pipe. The minitype gabbroic xenoliths from the Meihua farm are about 0.2 ~ 0.6 cm, consist of plagioclase and clinopyroxene, showing gabbroic texture. The plagioclase and clinopyroxene compact to each other. The xenoliths show a primary equigranular texture, but deformation structures are developed too, such as twist - off bending twin strip dislocation, stress sericitization and mylonitization. The gabbroic xenoliths are similar to those from basalts in a volcanic belt of the Akaki - Duncon, South Addis Abeba, African Great Rift.

**Key words:** minitype gabbroic xenoliths; lamprophyre; Shantou, Guangdong Province