

<http://www.geojournals.cn/georev/ch/index.aspx>

## 湖北省随州花山蛇绿混杂岩 Sm-Nd、Rb-Sr 同位素年代研究

石玉若 张宗清 刘敦一 唐索寒 王进辉

中国地质科学院地质研究所, 北京, 100037

**内容提要** 对湖北省随州地区组成花山蛇绿混杂岩的杨家棚 MORB 型火山岩、小阜岛弧型火山岩进行了 Sm-Nd、Rb-Sr 同位素分析。由杨家棚地区火山岩样品得出的全岩 Sm-Nd 等时线年龄为  $1736 \pm 37(2\sigma)$  Ma,  $I_{Nd} = 0.510582 \pm 42(2\sigma)$ ,  $\epsilon_{Nd}(t) = +3.7$ ; 由小阜火山岩样品得出的全岩 Sm-Nd 等时线年龄为  $1197 \pm 170(2\sigma)$  Ma,  $I_{Nd} = 0.51125 \pm 18(2\sigma)$ ,  $\epsilon_{Nd}(t) = +3.1$ ; 小阜火山岩样品全岩 Rb-Sr 等时线年龄为  $737 \pm 31(2\sigma)$  Ma,  $I_{Sr} = 0.7052 \pm 13(2\sigma)$ 。这些结果表明花山洋盆的形成时间可能为中元古代, 而非古生代; 737 Ma 指示了其后期的变质年龄。

**关键词** 花山 蛇绿混杂岩 同位素年代 中元古代

秦岭横贯我国中部, 东接大别山, 西延祁连山、昆仑山, 是亚洲东部两个最大构造单元——中朝克拉通华北块体和扬子块体的结合区域, 在我国的大陆陆壳形成和演化中占有重要地位。蛇绿岩作为古缝合线的标志, 对揭示古板块的形成与演化有重要意义, 因此对秦岭造山带内蛇绿岩的研究, 对揭示华北与扬子两大板块之间的构造格局、相互作用显得尤为重要。商丹、勉略蛇绿构造混杂岩带的发现与厘定使地质学者们对秦岭造山带的形成和演化有了新的认识(张宗清等, 1995; 张国伟等, 1988, 1995; 李曙光等, 1996; Xu Jifeng et al., 1998; 赖绍聪等, 1999)。其中勉略蛇绿岩最早由李春昱于20世纪70年代提出; 李曙光等(1996)对采自南秦岭勉略构造带黑沟峡的一套变质火山岩进行了地球化学和年代学研究, 认为该玄武岩源区为 MORB 亏损地幔, 其全岩 Sm-Nd 等时线年龄为  $242 \pm 21$  Ma, Rb-Sr 等时线年龄为  $221 \pm 13$  Ma, 并指出该年龄指示该火山岩系的变质时代。最近又在湖北省随州花山发现有蛇绿混杂岩的出露(董云鹏等, 1998, 1999; 赖绍聪等, 1998), 称为花山蛇绿混杂岩, 认为该蛇绿混杂岩是勉略蛇绿混杂岩带过大巴山的东延部分(董云鹏等, 1998, 1999), 并指出根据区域地层对比初步限定花山小洋盆的存在时限为海西—印支期, 全面闭合应在中三叠世(董云鹏等, 1999)。但该花山蛇绿混杂岩所含基性火山岩的形成时代如何? 尚缺乏确切的同

位素年龄证据, 鉴于该套基性火山岩的重要性, 我们对其进行了 Sm-Nd、Rb-Sr 同位素年代研究。

### 1 地质背景和岩石特征

花山蛇绿混杂岩位于襄广断裂带的三里岗—三阳区段, 长约80~100 km、宽约3~8 km。混杂岩内的构造岩块主要由蛇绿岩块、岛弧火山岩, 以及因碰撞造山作用而混入的秦岭区震旦系岩块、来源于扬子陆块基底岩系——打鼓石群及花山群构造块体、扬子区沉积盖层的震旦系、寒武系、二叠系、三叠系构造岩块以及三里岗花岗岩岩块等组成(图1)。这些构造岩块都遭受了强烈的构造变形, 相互之间以断层、剪切带相互叠置。花山蛇绿岩是蛇绿构造混杂岩的主体组成部分, 主要为镁铁质岩类, 包括玄武岩、辉绿岩墙群、辉长岩, 暂未发现超镁铁质岩(董云鹏等, 1999)。

样品分别采自杨家棚地区和小阜地区(图1)。其中杨家棚地区出露的岩石主要为玄武岩, 岩石呈灰黑色, 间粒结构, 块状构造, 可见杏仁状构造, 杏仁体为5%左右, 岩石主要由基性斜长石和普通辉石组成。小阜地区出露的岩石主要为细碧岩及杏仁状玄武岩。其中细碧岩呈灰绿色, 填间结构, 杏仁构造及枕状构造, 岩石主要由普通辉石、钠长石及少量绿泥石、磁铁矿组成; 杏仁状玄武岩呈灰黑色, 间粒结构, 杏仁状构造, 岩石主要由基性斜长石和普通辉石

注: 本文为国家自然科学基金资助项目(编号 49732080)的成果。

收稿日期: 2003-01-02; 改回日期: 2003-05-07; 责任编辑: 郝梓国。

作者简介: 石玉若, 男, 1975年生, 硕士, 在职博士生, 地球化学专业。通讯地址: 100037, 北京百万庄26号, 中国地质科学院地质所; 电话: 010-68326844; Email: yrshi2002@hotmail.com。

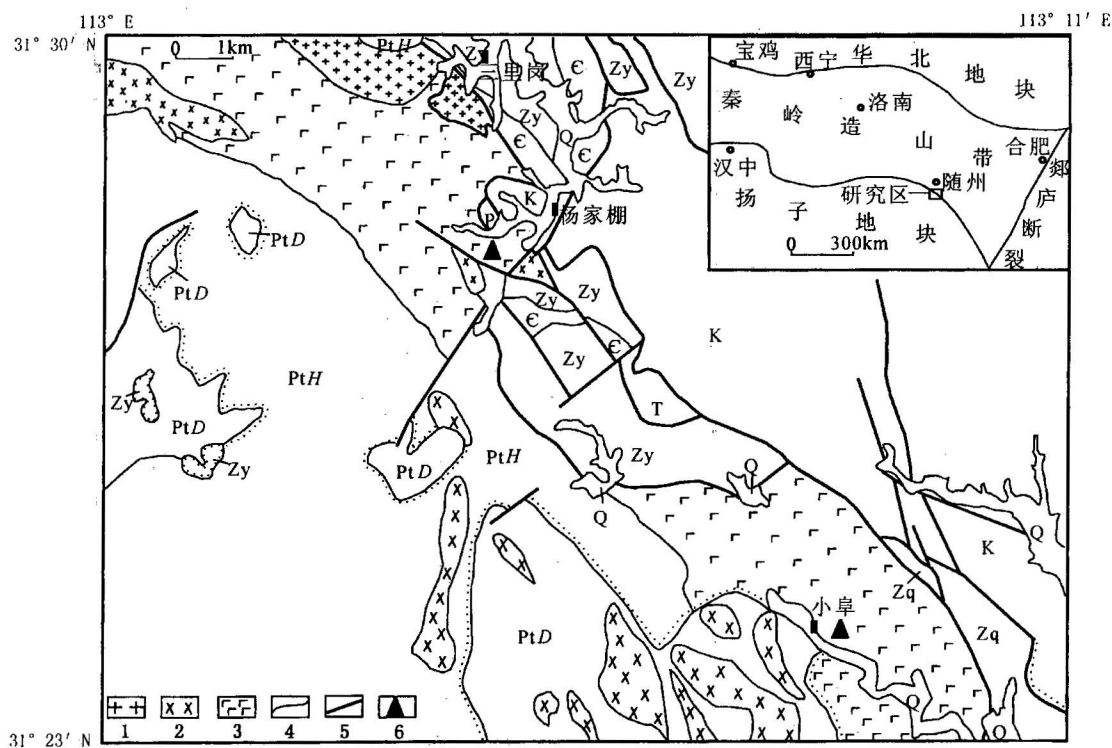


图 1 湖北省随州南杨家棚地区地质简图

Fig. 1 Geological sketch map in Yangjiapeng area, South Suizhou, Hubei province

Q—第四系; K—白垩系; T—三叠系; P—二叠系;  $\epsilon$ —寒武系; Zy—扬子区震旦系; Zq—秦岭区震旦系; PtH—元古宇花山群;

PtD—元古宇打鼓石群; 1—二长花岗岩; 2—辉绿岩; 3—玄武岩; 4—地质界线; 5—断层; 6—采样点

Q—Quaternary; K—Cretaceous; T—Triassic; P—Permian;  $\epsilon$ —Cambrian; Zy—Sinian of Yangtze craton; Zq—Sinian of Qinling zone;

PtH—Proterozoic Huashan Group; PtD—Proterozoic Dagushi Group; 1—adamellite; 2—diabase; 3—basalt; 4—geological boundary;

5—fault; 6—isotopic sampling

组成。

## 2 元素地球化学特征

前人(赖绍聪等, 1998; 董云鹏等, 1999)对花山蛇绿混杂岩中的基性火山岩进行了较详细的元素地球化学测试, 积累了丰富的资料, 本研究对杨家棚地区的4件新鲜岩石样品及小阜地区的5件新鲜岩石样品进行了系统的元素地球化学测试。其元素地球化学数据见表1。

杨家棚火山岩的稀土分布模式如图2, 可以看出, 杨家棚火山岩岩石稀土配分型式为过渡型(T-型)和平坦型(N-型),  $(La/Yb)_N$  为0.71~2.96,  $\delta Eu = 0.89 \sim 1.05$ 。

杨家棚火山岩微量元素 Pearce 比值蛛网图解(图3)表明, 富集大离子亲石元素(Rb、Sr), 高场强元素(Ce、Zr、Hf、Sm、Y、Yb)不分异并贴近于MORB, 显示其为MORB型蛇绿岩, 有轻微的

Nb 低谷, 这种 Nb 低谷可能是由于陆壳混染作用引起的(Cox et al., 1985; 董云鹏等, 1999)。

小阜火山岩的稀土分布模式如图4, 可以看出, 这5个样品都具有轻稀土相对富集的分异稀土分布模式,  $(La/Yb)_N$  为1.58~3.57, 样品大都具负 Eu 异常,  $\delta Eu = 0.61 \sim 0.88$ ; 小阜火山岩微量元素 Pearce 比值蛛网图解(图5)表明, 小阜火山岩样品大都以大离子亲石元素(Rb、Ba)和 Th 强烈富集, Nb、Ta 亏损为特征。这种分配特征与岛弧火山岩元素分配特点相一致(Wilson, 1989; 董云鹏等, 1999)。

## 3 样品分析结果

同位素分析在中国地质科学院地质研究所同位素地质年代学实验室完成, 实验流程见文献(张宗清等, 1994)。年龄用 Ludwig ISOPLOT 程序, 采用误差  $^{87}Rb/^{86}Sr = 1\%$ ,  $^{87}Sr/^{86}Sr = 0.5\%$ ,  $^{147}Sm/^{144}Nd = 0.5\%$ ,  $^{143}Nd/^{144}Nd = 0.005\%$  计算。

表 1 杨家棚火山岩与小阜火山岩的主元素氧化物(%)、微量元素和稀土元素( $\times 10^{-6}$ )分析结果Table 1 The whole rock analyses of major(%), trace and rare-earth elements( $\times 10^{-6}$ ) of Yangjiapeng and Xiaofu volcanic rocks

| 样品                             | Q9979  | Q9986  | Q9988  | Q9989  | Q9926  | Q9932-1 | Q9936  | Q9938  | Q9939  |
|--------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|--------|--------|--------|
| SiO <sub>2</sub>               | 46.66  | 46.82  | 47.87  | 48.24  | 58.19  | 60.97   | 50.01  | 56.53  | 55.28  |
| TiO <sub>2</sub>               | 1.13   | 2.02   | 2.00   | 1.97   | 1.71   | 1.40    | 1.68   | 1.74   | 1.76   |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 17.42  | 15.01  | 14.92  | 14.40  | 12.78  | 12.89   | 15.36  | 15.17  | 15.30  |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 4.77   | 3.38   | 3.22   | 2.76   | 3.19   | 8.04    | 4.34   | 4.61   | 5.61   |
| FeO                            | 4.80   | 8.71   | 8.68   | 8.68   | 7.63   | 1.08    | 6.48   | 5.77   | 6.39   |
| MnO                            | 0.17   | 0.19   | 0.19   | 0.20   | 0.20   | 0.11    | 0.19   | 0.20   | 0.18   |
| MgO                            | 7.02   | 6.51   | 6.70   | 6.88   | 2.94   | 0.20    | 6.26   | 2.55   | 2.86   |
| CaO                            | 10.95  | 10.12  | 10.20  | 9.89   | 4.08   | 13.92   | 6.82   | 5.20   | 3.92   |
| Na <sub>2</sub> O              | 0.95   | 2.38   | 2.45   | 2.51   | 0.22   | 0.02    | 4.46   | 5.60   | 5.62   |
| K <sub>2</sub> O               | 3.17   | 1.12   | 1.09   | 1.19   | 4.99   | 0.06    | 1.04   | 0.66   | 0.76   |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>  | 0.07   | 0.24   | 0.24   | 0.24   | 0.38   | 0.27    | 0.22   | 0.40   | 0.39   |
| H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>  | 2.82   | 2.64   | 2.40   | 2.84   | 3.44   | 0.40    | 3.10   | 1.88   | 2.18   |
| CO <sub>2</sub>                | 0.18   | 0.26   | 0.18   | 0.53   | 0.18   | 0.44    | 0.35   | 0.18   | 0.18   |
| 合计                             | 100.11 | 99.40  | 100.14 | 100.33 | 99.93  | 99.80   | 100.31 | 100.49 | 100.43 |
| Sr                             | 149.60 | 166.00 | 157.20 | 120.50 | 55.06  | 328.30  | 98.56  | 108.30 | 69.25  |
| Rb                             | 82.35  | 44.28  | 40.12  | 49.22  | 142.30 | 3.56    | 27.69  | 15.62  | 17.02  |
| Ba                             | 521.80 | 109.00 | 109.70 | 106.20 | 490.20 | 4.67    | 161.80 | 112.00 | 143.50 |
| Th                             | 0.2    | 1.13   | 1.08   | 1.17   | 10.23  | 8.08    | 4.90   | 11.17  | 9.12   |
| U                              | 0.2    | 0.28   | 0.33   | 0.30   | 2.01   | 1.68    | 1.10   | 2.60   | 2.02   |
| Ta                             | 0.34   | 0.77   | 1.06   | 0.76   | 1.07   | 0.96    | 0.88   | 2.16   | 1.36   |
| Nb                             | 1.70   | 4.93   | 5.38   | 5.15   | 10.75  | 10.05   | 7.20   | 16.14  | 13.66  |
| Zr                             | 72     | 131    | 118    | 116    | 252    | 188     | 176    | 324    | 324    |
| Hf                             | 2.4    | 4.2    | 3.4    | 3.5    | 8.0    | 5.9     | 5.6    | 10     | 10     |
| Y                              | 19.75  | 34.98  | 32.63  | 25.26  | 48.23  | 45.59   | 46.49  | 66.92  | 85.69  |
| Co                             | 33.43  | 30.95  | 30.62  | 30.15  | 18.67  | 2.45    | 32.97  | 14.61  | 15.24  |
| Cr                             | 125.50 | 185.90 | 178.40 | 194.70 | 22.01  | 19.56   | 183.50 | 25.31  | 24.76  |
| Ni                             | 77.98  | 48.73  | 45.78  | 46.00  | 5.89   | <4.00   | 51.69  | 9.76   | 10.05  |
| Sc                             | 30.36  | 35.67  | 35.38  | 36.55  | 21.52  | 18.27   | 33.29  | 25.62  | 24.45  |
| Zr/Nb                          | 42.35  | 26.57  | 21.93  | 22.52  | 23.44  | 18.71   | 24.44  | 20.07  | 23.72  |
| Th/Ta                          | 0.67   | 1.47   | 1.02   | 1.54   | 9.56   | 8.42    | 5.57   | 5.17   | 6.71   |
| La                             | 2.20   | 10.74  | 10.02  | 11.35  | 27.96  | 22.49   | 13.35  | 32.33  | 33.73  |
| Ce                             | 5.82   | 27.07  | 24.27  | 34.55  | 64.99  | 50.49   | 35.43  | 77.81  | 79.91  |
| Pr                             | 1.00   | 3.37   | 3.34   | 3.17   | 7.05   | 5.38    | 4.29   | 8.47   | 8.63   |
| Nd                             | 6.50   | 17.92  | 16.86  | 17.67  | 34.79  | 26.37   | 21.70  | 43.25  | 44.44  |
| Sm                             | 2.21   | 5.09   | 4.73   | 5.07   | 8.38   | 6.57    | 6.20   | 11.27  | 11.44  |
| Eu                             | 0.87   | 1.56   | 1.53   | 1.52   | 1.90   | 1.77    | 1.33   | 3.31   | 3.40   |
| Gd                             | 3.01   | 5.78   | 4.57   | 5.49   | 8.60   | 7.06    | 7.25   | 12.81  | 12.62  |
| Tb                             | 0.51   | 0.97   | 0.93   | 0.89   | 1.58   | 1.28    | 1.30   | 2.10   | 2.39   |
| Dy                             | 4.08   | 7.26   | 6.83   | 6.03   | 10.68  | 9.26    | 9.35   | 14.58  | 16.64  |
| Ho                             | 0.75   | 1.29   | 1.25   | 1.00   | 1.82   | 1.68    | 1.84   | 2.62   | 3.22   |
| Er                             | 2.18   | 3.98   | 3.63   | 2.96   | 4.60   | 4.92    | 5.03   | 7.11   | 8.80   |
| Tm                             | 0.31   | 0.56   | 0.52   | 0.43   | 0.71   | 0.66    | 0.78   | 0.99   | 1.29   |
| Yb                             | 2.04   | 3.85   | 3.58   | 2.53   | 5.17   | 5.11    | 5.57   | 7.00   | 9.39   |
| Lu                             | 0.33   | 0.63   | 0.58   | 0.45   | 0.80   | 0.80    | 0.89   | 1.16   | 1.50   |
| (La/Yb) <sub>N</sub>           | 0.71   | 1.84   | 1.85   | 2.96   | 3.57   | 2.91    | 1.58   | 3.05   | 2.37   |
| Eu/Eu*                         | 1.05   | 0.89   | 1.02   | 0.89   | 0.69   | 0.80    | 0.61   | 0.85   | 0.88   |

注: 常量元素用 X 荧光光谱法测定, 稀土、微量元素用 ICP-MS 分析, 测定由国家地质实验测试中心完成。

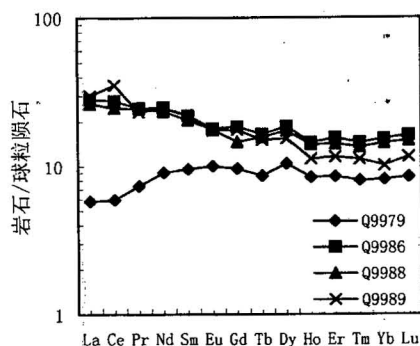


图 2 杨家棚火山岩 REE 配分模式图  
Fig. 2 REE patterns of Yangjiapeng volcanic rocks

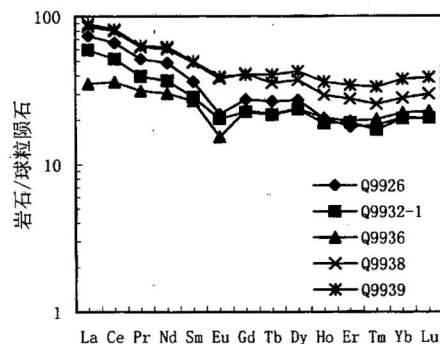


图 4 小阜火山岩 REE 配分模式图  
Fig. 4 REE patterns of Xiaofu volcanic rocks

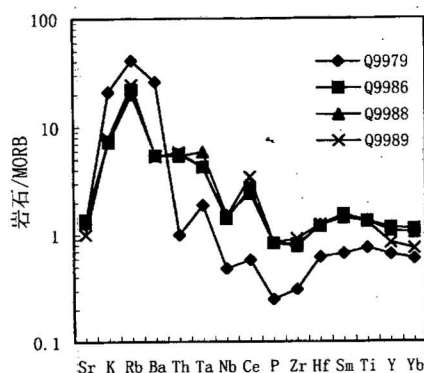


图 3 杨家棚火山岩微量元素蛛网图  
Fig. 3 Spider diagram of trace elements of Yangjiapeng volcanic rocks

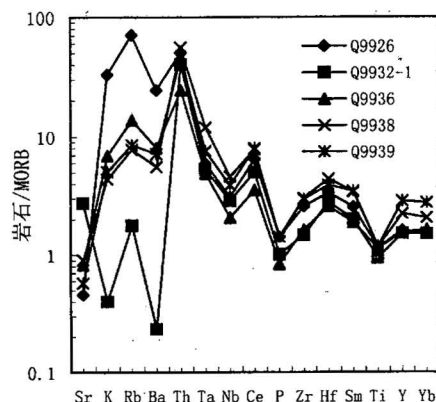


图 5 小阜火山岩区微量元素蛛网图  
Fig. 5 Spider diagram of trace elements of Xiaofu volcanic rocks

### 3.1 杨家棚地区 MORB 型火山岩 Sm-Nd 同位素年龄测定结果

对采自杨家棚地区的 11 个火山岩样品进行了 Sm-Nd 同位素分析, 结果列于表 2, 样品在等时线图上的分布如图 6。从表 2 可见, 除 Q9975、Q9987 这 2 个样品外, 其余 11 个样品形成一条较好的等时线, 其中 Q9979\* 为重复样。由 Q9976 等 11 个样品计算出的 Sm-Nd 等时年龄  $t = 1736 \pm 37 \text{ Ma} (2\sigma)$ ,  $I_{\text{Nd}} = 0.510582 \pm 42 (2\sigma)$ ,  $\epsilon_{\text{Nd}}(t) = +3.7$ ,  $\text{MSWD} = 1.11$ 。

### 3.2 小阜岛弧型火山岩同位素年龄测定结果

(1) 对采自小阜地区的 12 个火山岩样品进行了 Sm-Nd 同位素分析, 结果列于表 3, 样品在等时线图上的分布如图 7。从图 7 可见, Q9926、Q9927、Q9928、Q9935、Q9936、Q9937、Q9938、Q9939 这 8 个样品形成一条等时线, 由它们计算出的 Sm-Nd 等时年龄

表 2 杨家棚地区火山岩的 Sm-Nd 数据

Table 2 Sm-Nd isotopic data of the volcanic rocks from Yangjiapeng

| 样品     | Sm( $\times 10^{-6}$ ) | Nd( $\times 10^{-6}$ ) | $^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$ | $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ | $2\sigma$ | $t_{\text{DM}}(\text{Ma})$ |
|--------|------------------------|------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------|----------------------------|
| Q9975  | 11.74                  | 45.63                  | 0.1556                            | 0.512435                          | 9         | 1870                       |
| Q9976  | 10.23                  | 38.62                  | 0.1602                            | 0.512404                          | 8         | 2117                       |
| Q9978  | 2.201                  | 5.945                  | 0.2240                            | 0.513136                          | 8         |                            |
| Q9979  | 2.291                  | 6.294                  | 0.2202                            | 0.513095                          | 9         |                            |
| Q9979* | 2.331                  | 6.348                  | 0.2222                            | 0.513113                          | 13        |                            |
| Q9983  | 6.169                  | 26.97                  | 0.1384                            | 0.512188                          | 9         | 1941                       |
| Q9984  | 6.571                  | 28.13                  | 0.1413                            | 0.512200                          | 8         | 1993                       |
| Q9985  | 4.623                  | 16.10                  | 0.1737                            | 0.512574                          | 8         | 2186                       |
| Q9986  | 4.747                  | 16.69                  | 0.1720                            | 0.512542                          | 13        | 2213                       |
| Q9987  | 3.682                  | 19.77                  | 0.1127                            | 0.511667                          | 7         | 2229                       |
| Q9988  | 4.646                  | 16.29                  | 0.1725                            | 0.512563                          | 8         | 2163                       |
| Q9989  | 4.612                  | 16.12                  | 0.1731                            | 0.512562                          | 8         | 2199                       |
| Q9990  | 6.127                  | 30.22                  | 0.1226                            | 0.511954                          | 8         | 1994                       |

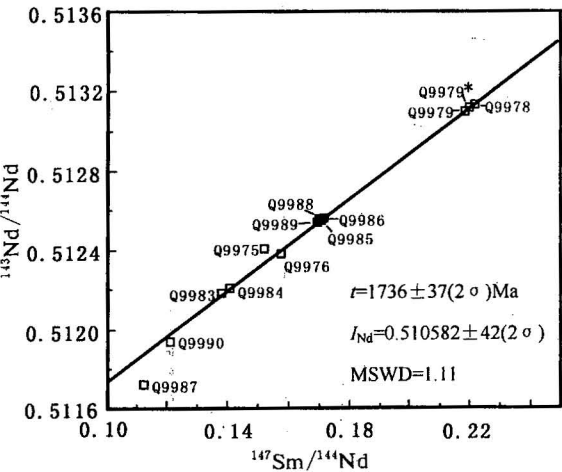


图 6 杨家棚地区火山岩 Sm-Nd 等时线图

Fig. 6 Sm-Nd isotopic isochron of the volcanic rocks from Yangjiapeng

表 3 小阜地区火山岩的 Sm-Nd 数据

Table 3 Sm-Nd isotopic data of the volcanic rocks from Xiaofu

| 样品      | Sm( $\times 10^{-6}$ ) | Nd( $\times 10^{-6}$ ) | $^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$ | $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ | $2\sigma$ | $t_{\text{DM}}(\text{Ma})$ |
|---------|------------------------|------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------|----------------------------|
| Q9926   | 8.952                  | 35.32                  | 0.1533                            | 0.512457                          | 8         | 1744                       |
| Q9927   | 9.211                  | 36.03                  | 0.1546                            | 0.512468                          | 9         | 1754                       |
| Q9928   | 9.551                  | 36.87                  | 0.1567                            | 0.512474                          | 10        | 1803                       |
| Q9929   | 10.11                  | 39.12                  | 0.1564                            | 0.512452                          | 9         | 1851                       |
| Q9930   | 9.602                  | 35.70                  | 0.1627                            | 0.512553                          | 10        | 1779                       |
| Q9932-1 | 6.821                  | 26.36                  | 0.1565                            | 0.512453                          | 7         | 1852                       |
| Q9933   | 6.825                  | 26.41                  | 0.1563                            | 0.512455                          | 8         | 1840                       |
| Q9935   | 6.552                  | 22.85                  | 0.1734                            | 0.512615                          | 8         | 2017                       |
| Q9936   | 6.570                  | 22.50                  | 0.1766                            | 0.512644                          | 9         | 2071                       |
| Q9937   | 6.737                  | 23.88                  | 0.1706                            | 0.512575                          | 8         | 2026                       |
| Q9938   | 11.89                  | 44.19                  | 0.1628                            | 0.512527                          | 9         | 1860                       |
| Q9939   | 11.79                  | 44.09                  | 0.1617                            | 0.512520                          | 11        | 1841                       |

$t = 1197 \pm 170 \text{ Ma} (2\sigma)$ , 初始 $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$  比值  $I_{\text{Nd}} = 0.51125 \pm 18 (2\sigma)$ ,  $\epsilon_{\text{Nd}}(t) = +3.1$ ,  $\text{MSWD} = 0.33$ 。另外4个样品分布在等时线附近, 其中样品 Q9929、Q9932-1、Q9933 的 $^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$  和 $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$  比值都十分接近,  $^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$  比值为 0.1563 ~ 0.1565,  $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$  比值为 0.512452 ~ 0.512455, 在 Sm-Nd 等时线图上分布在一个狭小的范围内, 不形成等时线。

样品模式年龄  $t_{\text{DM}}$  介于 1744 ~ 2071 Ma, 平均值为  $1870 \pm 60 \text{ Ma}$ 。

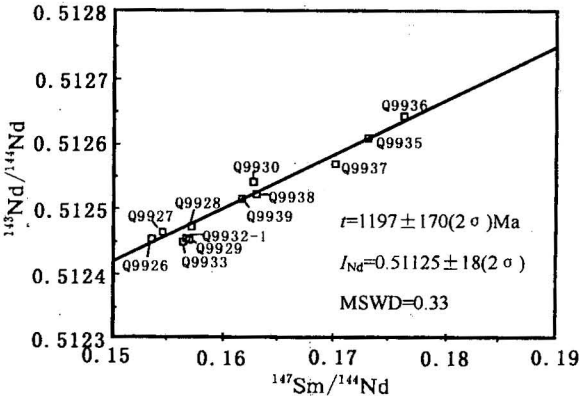


图 7 小阜地区火山岩 Sm-Nd 等时线图

Fig. 7 Sm-Nd isotopic isochron of the volcanic rocks from Xiaofu

表 4 小阜火山岩的 Rb-Sr 数据

Table 4 Rb-Sr isotopic data of the volcanic rocks from Xiaofu

| 样品      | Rb( $\times 10^{-6}$ ) | Sr( $\times 10^{-6}$ ) | $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$ | $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ | $2\sigma$ |
|---------|------------------------|------------------------|---------------------------------|---------------------------------|-----------|
| Q9926   | 113.3                  | 69.43                  | 4.726                           | 0.756996                        | 12        |
| Q9928   | 163.6                  | 56.27                  | 8.418                           | 0.792707                        | 14        |
| Q9929   | 125.5                  | 114.1                  | 3.186                           | 0.740071                        | 9         |
| Q9930   | 129.5                  | 120.9                  | 3.101                           | 0.736170                        | 10        |
| Q9932-1 | 2.722                  | 404.9                  | 0.01947                         | 0.705635                        | 9         |
| Q9933   | 2.477                  | 38.01                  | 0.1887                          | 0.708132                        | 14        |
| Q9935   | 1.844                  | 283.8                  | 0.01881                         | 0.706060                        | 9         |
| Q9936   | 12.52                  | 110.2                  | 0.3291                          | 0.709770                        | 11        |
| Q9937   | 3.602                  | 83.49                  | 0.1249                          | 0.705981                        | 11        |
| Q9939   | 22.80                  | 96.55                  | 0.6839                          | 0.709363                        | 10        |
| Q9938   | 10.85                  | 127.7                  | 0.2460                          | 0.707370                        | 14        |

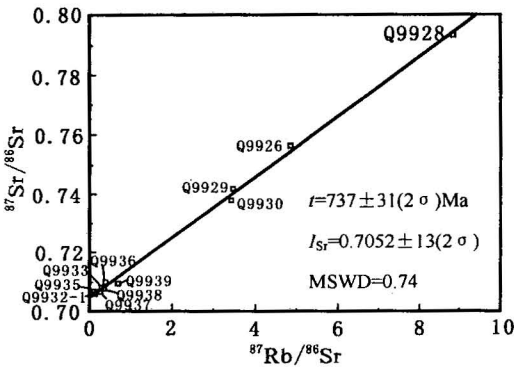


图 8 小阜地区火山岩 Rb-Sr 等时线图

Fig. 8 Rb-Sr isotopic isochron of the volcanic rocks from Xiaofu

(2) 对采自小阜地区的11个火山岩样品进行了 Rb-Sr 同位素分析, 结果如表4, 样品在 Rb-Sr 等时线图上构成一条较好的等时线(图8), 等时年龄  $t = 737 \pm 31 \text{ Ma} (2\sigma)$ ,  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  初始比值  $I_{\text{Sr}} = 0.7052 \pm 1.3(2\sigma)$ ,  $\text{MSWD} = 0.74$ 。

## 4 讨论和结论

湖北省大洪山北东侧的这套以基性火山岩为主的岩浆杂岩从花山群解体出来被称为花山蛇绿混杂岩(董云鹏等, 1998), 根据其中变玄武岩、辉长辉绿岩等的地球化学特征, 认为该蛇绿岩成生于初始小洋盆构造环境(赖绍聪等, 1998), 进一步研究认为分布于杨家棚地区的火山岩属 MORB 型火山岩、分布于小阜地区的火山岩属岛弧型火山岩(董云鹏等, 1999)。同时认为该蛇绿混杂岩是勉略蛇绿混杂岩带过大巴山的东延部分(赖绍聪等, 1998; 董云鹏等, 1999); 并根据区域对比初步限定花山小洋盆的存在时限为海西—印支期, 全面闭合应在中三叠世(董云鹏等, 1999)。采自南秦岭勉略构造带黑沟峡的一套变质火山岩的全岩 Sm-Nd 等时线年龄为  $242 \pm 21 \text{ Ma}$ , Rb-Sr 等时线年龄为  $221 \pm 13 \text{ Ma}$ , 该年龄指示了该火山岩系的变质时代(李曙光等, 1996)。这些推测和年龄数据都不能直接说明花山洋盆的形成年龄。

本次研究表明杨家棚地区 MORB 型火山岩的全岩 Sm-Nd 等时线年龄为  $1736 \pm 37 \text{ Ma}$ , 该年龄可能代表了花山洋盆的形成年龄, 说明在中元古代时该地可能曾为洋盆环境。小阜地区岛弧型火山岩的全岩 Sm-Nd 等时线年龄为  $1197 \pm 170 \text{ Ma}$  (该年龄误差较大), 表明该岛弧型火山岩可能形成于中元古代末; 其全岩 Rb-Sr 等时线年龄为  $737 \pm 31 \text{ Ma}$ , 指示了其后期的变质年龄。这些研究结果表明花山洋盆可能是一个形成年龄较老的洋盆。

总之, 根据我们对杨家棚地区及小阜地区火山岩全岩的 Sm-Nd、Rb-Sr 同位素分析研究结果, 以前有关花山洋盆存在时限的推测在这里没有得到确证。

致谢: 感谢任纪舜院士、中国科学院许荣华研究员、王松山研究员对本文的审阅; 感谢西北大学张国伟院士、董云鹏博士在采样过程中给予的帮助; 感谢中国地质科学院地质力学研究所吴中海博士、中国科学院梁福源博士给予的帮助。

## 参 考 文 献

董云鹏, 张国伟, 柳小明, 赖绍聪. 1998. 鄂北大洪山地区“花山群”

的解体. 中国区域地质, 17(4): 371~376.

董云鹏, 张国伟, 赖绍聪, 等. 1999. 随州花山蛇绿构造混杂岩的厘定及其大地构造意义. 中国科学(D 辑), 29(3): 222~231.

赖绍聪, 张国伟, 董云鹏. 1998. 秦岭—大别勉略缝合带湖北周家湾变质玄武岩地球化学及其大地构造意义. 矿物岩石, 18(2): 1~8.

赖绍聪, 张国伟. 1999. 秦岭—大别勉略结合带蛇绿岩及其大地构造意义. 地质论评, 45(增刊): 1062~1071.

李曙光, 孙卫东, 张国伟, 等. 1996. 南秦岭勉略构造带黑沟峡变质火山岩的年代学和地球化学: 古生代洋盆及其闭合时代的证据. 中国科学(D 辑), 26(3): 223~230.

张国伟. 1988. 秦岭造山带的形成及其演化. 西安: 西北大学出版社, 1~192.

张国伟, 孟庆任, 赖绍聪. 1995. 秦岭造山带的结构构造. 中国科学(B 辑), 25(9): 994~1003.

张宗清, 刘敦一, 付国民. 1994. 北秦岭变质地层同位素年代研究. 北京: 地质出版社, 1~191.

张宗清, 张旗. 1995. 北秦岭晚元古代宽坪蛇绿岩中变质基性火山岩的地球化学特征. 岩石学报, 11(增刊): 165~177.

## References

- Coleman R G. 1984. The diversity of ophiolites. *Geol. Mijnbouw*, 63: 141~150.
- Cox K G, Hawkesworth C J. 1985. Geochemical stratigraphy of the Deccan Traps at Mahabaleshwar, Western Ghats, India, with implications for open system magmatic processes. *J. Petrol.*, 26: 355~377.
- Depaolo D J. 1988. Neodymium isotopic geochemistry. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg. 1~188.
- Dong Yunpeng, Zhang Guowei, Liu Xiaoming, Lai Shaocong. 1998. Disintegration of the Huashan Group in the Dahong mountain Area, Northern Hubei. *Regional Geology of China*, 17(4): 371~376 (in Chinese with English abstract).
- Dong Yunpeng, Zhang Guowei, Lai Shaocong, et al. 1999. The formulation and its tectonic significance of Huashan ophiolitic melange in Suizhou Area, Hubei Province. *Science in China (Series D)*, 29(3): 222~231 (in Chinese).
- Jahn B M. 1990. Origin of granulites: geochemical constraints from Archean granulite facies rocks of Sino-Korean Craton, China. In: D. Vielzeuf and Ph. Vidal (eds.), *Granulites and Crustal evolution*. 471~492.
- Hamilton P J, Evensen N M, O'Nions R K, et al. 1979. Sm-Nd systematics of Lewisian gneisses implications for the granulites. *Nature*, 277: 25~28.
- Lai Shaocong, Zhang Guowei, Dong Yunpeng. 1998. Geochemical features and its tectonic significance of the meta-basalt in Zhoujiawan area, Mianlue suture zone, Qinling-Dabie mountains, Hubei province. *J. Mineral Petrol.* 18(2): 1~8 (in Chinese with English abstract).
- Lai Shaocong, Zhang Guowei. 1999. Ophiolites and their tectonic significance in the Mianlue suture zone, Qinling-Dabie orogenic belt. *Geological Review*, 45(sup.): 1062~1071 (in Chinese with English abstract).
- Li Shuguang, Sun Weidong, Zhang Guowei, et al. 1996. Geochemical features and its chronology of the meta-basalt in Heigouxia area, Mianlue suture zone, South Qinling mountain. *Science in China (Series D)*, 26(3): 223~230 (in Chinese).

Wilson M. 1989. Igneous Petrogenesis. London: Unwin Hyman, 1~323.

Xu Jifeng, Yu Xueyuan, Li Xianhua, et al. 1998. Discovery of the highly depleted N-MORB-type volcanic rocks: new evidence for the Mianlue paleo-ocean. Chinese Science Bulletin, 43(6): 510~514.

Zhang Guowei, Meng Qingren, Lai Shaocong. 1995. Tectonics and

structure of Qinling orogenic belt. Science in China(Series B). 38(11): 1379~1394.

Zhang Zongqing, Zhang Qi. 1995. Geochemistry of metamorphosed Late Proterozoic Kuanping ophiolite in the Northern Qinling, China. Acta Petrol. Sinica, 11(supp.):165~177 (in Chinese with English abstract).

## A Study on Sm-Nd and Rb-Sr Isotopic Chronology of the Huashan Ophiolitic Mélange in the Suizhou Area, Hubei Province

SHI Yuruo, ZHANG Zongqing, LIU Dunyi, TANG Suohan, WANG Jinhui

*Institute of Geology, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing, 100037*

### Abstract

This paper reports the Sm-Nd and Rb-Sr isotopic chronology of the main mélange blocks and the MORB volcanic rocks from the Yangjiapeng area and the IAT volcanic rocks from the Xiaofu area, which comprise the ophiolitic mélange of Huashan. The whole-rock samples of the volcanic rocks from the Yangjiapeng area give a Sm-Nd isochron age of  $1736 \pm 37(2\sigma)$  Ma, with  $I_{Nd} = 0.510582 \pm 42(2\sigma)$ ,  $\epsilon_{Nd}(t) = +3.7$ ; the whole-rock samples of the volcanic rocks from the Xiaofu area present a Sm-Nd isochron age of  $1197 \pm 170(2\sigma)$  Ma, with  $I_{Nd} = 0.51125 \pm 18(2\sigma)$ ,  $\epsilon_{Nd}(t) = +3.1$  and a Rb-Sr isochron age of  $737 \pm 31(2\sigma)$  Ma, with  $I_{Sr} = 0.7052 \pm 13(2\sigma)$ . The results indicate that the Huashan Ocean basin was formed in the Mesoproterozoic, not the Paleozoic, and that a strong metamorphism of volcanic rocks took place in the Neoproterozoic.

**Key words:** Huashan; ophiolitic mélange; isotopic chronology; Mesoproterozoic

### 新书介绍

聂凤军, 江思宏, 白大明等著. 2002. 北山地区金属矿床成矿规律及找矿方向. 北京:地质出版社. 408页, 彩色图版8幅. 本书立足于现代成矿学最新理论和采用找矿学最新技术方法, 通过对内蒙古、甘肃、新疆相邻地区(北山地区)的变质作用、岩浆活动和构造运动以及金属元素活化、迁移、聚集和成矿作用进行深入细致的研究, 探讨了古大陆板块相互碰撞、对接和造山过程; 厘定了各大地构造单元的边界; 首次较为全面和系统地阐明了北山地区大地构造演化、岩浆活动与贵金属和有色金属矿床(点)成矿作用的关系; 查明了金属矿床(点)成矿地质条件和时空分布特点; 总结了本地区的成矿规律与找矿标志; 划分了成矿区带、矿田和找矿预查区; 建立了区内典型贵金属和有色金属矿床(点)的成矿模式和找矿模型, 并最终指出普查找矿方向, 进行金属矿床(点)定位预测; 圈定了一批具有良好找矿潜力的铜和金矿预查区. 上述成果的取得, 无疑对深化本区基础地质与贵金属和有色金属矿床成矿理论认识, 指导本区贵金属和有色金属矿床的找矿勘查工作具有重要的意义. 联系人: 100037, 北京阜外百万庄中国地质科学院矿产资源研究所江思宏.

陈建林等著. 2002. 锰质核形石——大洋多金属结核. 北京:海洋出版社. 143页, 黑白图版12幅, 彩色图版2幅. 本书主要研究内容有: 大洋多金属结核成因研究简史、结核粒

径分形特征、锰质叠层石分类及其化学与生物矿物学特征、建造多金属结核的超微生物化石种、叠层石纹层与超微生物关系、叠层石纹层的韵律周期、锰质叠层石柱体的构筑以及人工1nm 锰相的金属阳离子交换能力与结构稳定性的研究等. 认为大洋多金属结核是核形石的一种新类型——锰质核形石, 它是超微生物千百万年世代繁衍的结果. 在此基础上对多金属结核进行新的分类. 本书中还简要介绍了通过对海洋深处不同种类细菌的生理生化研究, 以探讨其对多金属结核形成的影响. 此外, 还提出了集矿机设计的初步设想. 全书共分十一章. 金翔龙院士为本书作序. 联系人: 310012, 杭州市西溪河下9号国家海洋局第二海洋研究所陈建林.

杨建民等著. 2002. 晋北金伯利岩钾镁煌斑岩研究. 北京:地质出版社. 140页, 图版8幅. 本书论述了山西北部金伯利岩、钾镁煌斑岩的岩石学、地球化学特征, 金刚石找矿指示矿物及造岩矿物的物理和成分特征; 探讨了金伯利岩和钾镁煌斑岩的形成时代、形成条件、含矿性, 以及与地质演化历史的关系. 著者认为, 晋北金伯利岩为富含云母的橄榄石型金伯利岩, 饮牛沟钾镁煌斑岩为透长钾镁煌斑岩、金云钾镁煌斑岩和白榴钾镁煌斑岩, 它们都不具有经济价值. 首次获得了水沟门金伯利岩的 Rb-Sr 等时线年龄, 并指出中元古代是华北地台一次重要的含金刚石金伯利岩及钾镁煌斑岩活动期, 晋北在古元古代—中生代具有形成含金刚石金伯利岩的地质条件. 联系人: 100037, 北京阜外百万庄中国地质科学院矿产资源研究所杨建民.