

## 皖西霍丘变质岩系特征及原岩恢复

安徽省地质科学研究所

陈跃志

### 概 况

皖西晚太古代霍丘群变质岩系,分布于中朝准地台南缘,地表全为第四系所覆盖。自航磁发现铁矿以来,除三三七地质队进行大量地质勘探工作外,近年来有不少单位在此进行过研究工作<sup>[1,2]</sup>①②,积累了丰富的地质资料。1982年,我所铁矿组对变质地层重新进行了划分,将霍丘群分为花园组及吴集组两个组。下部花园组为角闪质钾长眼球状混合岩和角闪质混合片麻岩夹斜长片麻岩、变粒岩、斜长角闪岩。上部吴集组为含十字石、蓝晶石片岩、变粒岩夹斜长角闪岩(或斜长角闪片岩),并含多层条带状磁铁矿石岩。顶部夹有透镜状一层状大理岩。上部岩系为主要含矿岩系,构成复式向斜构造。

霍丘群的变质作用属铁铝榴石——角闪岩相。

\* 参加专题工作的有桑宝梁、邢凤鸣、任思明、邵桂清。

① 俞受璠等,1981,豫中皖西地区晚太古代沉积变质铁矿分布规律及找矿方向。

② 桑宝梁等,1979,皖西霍丘群变质岩系划分的初步意见。安徽省沉积变质铁矿地质文集。

前人在研究本区变质地层和变质作用时,也涉及原岩恢复问题,但多数认为属正常沉积岩系。近年来,笔者对该区主要钻孔地质剖面的岩芯,进行了大量的室内外工作,认为霍丘群变质岩系的原岩为晚太古代火山沉积岩系。本文着重对变质岩岩石学特征及原岩恢复作一探讨。

## 变质岩岩石特征

霍丘变质岩大致可分为六大类(表1)。现就其特征简述如下:

表1 霍丘群主要岩石类型

Table 1 The main rock types of Huoqiu Group

| 类型   | 岩石名称                      | 主要矿物含量(%)                                |
|------|---------------------------|------------------------------------------|
| 片岩类  | 黑云片岩                      | 黑云母20—70; 石英20—40; 斜长石<15                |
|      | 黑云斜长片岩                    | 斜长石25—35; 石英15—25; 黑云母和白云母25—40          |
|      | 云母石英片岩                    | 斜长石<25; 石英25—75; 黑云母25—60                |
|      | 石英榴石岩                     | 铁铝榴石40—70; 石英15—40                       |
| 变粒岩类 | 黑云变粒岩                     | 斜长石30—50; 石英25—55; 黑云母25—60              |
|      | 黑云角闪斜长变粒岩                 | 斜长石50—65; 石英10—20; 黑云母10—20; 少量角闪石       |
|      | 黑云斜长片麻岩                   | 斜长石为主, 次为黑云母、角闪石、石英(粒径>0.5毫米)            |
|      | 浅粒岩                       | 斜长石45—65; 石英; 暗色矿物<10                    |
|      | 斜长浅粒岩                     | 斜长石50—90; 黑云母<5                          |
| 角闪岩类 | 斜长角闪岩                     | 普通角闪石50—85; 斜长石20—50                     |
|      | 含石榴斜长角闪岩                  | 普通角闪石50—85; 斜长石10—45; 石英15—20; 铁铝榴石<5    |
|      | 角闪石岩                      | 普通角闪石>85; 其余为斜长石                         |
|      | 榴角闪岩                      | 绿色普通角闪石及石榴石, 少量磁铁矿                       |
| 大理岩类 | 金云透闪白云石大理岩                | 主要为白云石、其次为透闪石、金云母等                       |
|      | 阳起透辉白云质大理岩                | 主要为白云石、透辉石、阳起石, 少量金云母方解石等                |
|      | 菱镁矿大理岩                    | 菱镁矿为主, 还有白云石                             |
|      | 蛇纹石大理岩—蛇纹岩                | 纤维蛇纹石为主, 尚有绿泥石、白云石等矿物                    |
| 磁岩类  | 磁铁碳酸盐岩                    | 由铁菱镁矿、磁铁矿组成                              |
|      | 磁铁石英岩                     | 石英25—80; 磁铁矿10—30; 其次为角闪石(铁闪石)、阳起石、少量磷灰石 |
| 混合类岩 | 主要为变粒岩—片麻岩类及片岩类经钾、钠交代作用形成 |                                          |

### (1) 片岩类

为吴集组含铁岩系的主要岩石类型之一。岩石片状构造清楚。斜长石呈他形一半自形粒状, 部分见有变余环带状结构, 经费氏台测定 $An=24-28\%$ (表2)。于磁铁石英岩矿层附近, 常见石英榴石岩, 有时变为铁闪榴英片岩, 石榴石包有晶屑状石英(图版I—1), 这是靠近铁矿层铁、硅成分增多所致。石英片岩分布不多, 仅呈薄层状夹于片岩中。常见片岩与黑云变粒岩呈过渡或互层状产出, 显示沉积韵律特征。

### (2) 变粒岩——片麻岩类

由斜长石及石英组成。黑云母含量小于25%, 粒径小于0.5毫米者, 称之为变粒岩; 以块状构造为主, 粒径大于0.5毫米, 具片麻状构造, 称为片麻岩。本区主要以变粒岩为

表2 斜长石费氏台测定结果

Table 2 Data of plagioclase determination on Universal Stage

| 样 号               | 岩石名称          | An%*                             |                                  |                                  | 斜长石<br>牌<br>范 围          | 样 号               | 岩石名称                 | An%*                                   |                                          |                                          | 斜长石<br>牌<br>范 围 |
|-------------------|---------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|--------------------------|-------------------|----------------------|----------------------------------------|------------------------------------------|------------------------------------------|-----------------|
|                   |               | 斯                                | A.C马                             | 尼                                |                          |                   |                      | 斯                                      | A.C马                                     | 尼                                        |                 |
| Rz <sub>5</sub>   | 含钛斜长<br>角 闪 岩 | 24.5<br>31                       | 23<br>28                         | 25<br>31                         | 23—28                    | Rz <sub>25</sub>  | 黑云斜长<br>变 粒 岩        | 23<br>24<br>28                         | 23<br>24<br>28                           |                                          | 23—28           |
| Rz <sub>174</sub> | 斜 长 角<br>闪 岩  | 51<br>43                         |                                  | 50                               | 38—46                    | Rz <sub>176</sub> | 条带状黑<br>云斜长角<br>闪 岩  | 38<br>40<br>40<br>43<br>39<br>37<br>39 | 38<br>40<br>40<br>43.5<br>40<br>37<br>40 | 40<br>41<br>41.5<br>44<br>41<br>39<br>42 | 40—44           |
|                   |               | 43                               | 43                               | 45                               |                          |                   |                      |                                        |                                          |                                          |                 |
|                   |               | 43                               | 42                               | 45                               |                          |                   |                      |                                        |                                          |                                          |                 |
|                   |               | 37                               | 38                               | 40                               |                          |                   |                      |                                        |                                          |                                          |                 |
|                   |               |                                  | 45                               | 46                               |                          |                   |                      |                                        |                                          |                                          |                 |
|                   |               | 44                               | 46                               | 46                               |                          |                   |                      |                                        |                                          |                                          |                 |
|                   | 39            | 39                               | 40.5                             | 39                               |                          |                   |                      |                                        |                                          |                                          |                 |
| Dz <sub>69</sub>  | 含磁铁黑<br>云变粒岩  | 37<br>37<br>30                   | 39<br>37<br>32                   | 40<br>39<br>39                   | 30—39                    | Rz <sub>72</sub>  | 含十字、<br>蓝晶石榴<br>黑云片岩 | 25<br>25<br>24                         | 26<br>28<br>26                           | 32<br>32<br>33                           | 24—28           |
|                   |               |                                  |                                  |                                  | 27.5<br>28<br>25<br>27.5 |                   |                      |                                        |                                          | 25—28                                    |                 |
|                   |               |                                  |                                  |                                  |                          |                   |                      |                                        |                                          |                                          |                 |
| 草17               | 角闪黑云<br>变 粒 岩 | 35<br>34<br>34<br>36<br>35<br>35 | 34<br>34<br>33<br>37<br>34<br>35 | 37<br>36<br>36<br>40<br>37<br>37 | 33—37                    |                   |                      | Rz <sub>75</sub>                       | 黑云石英<br>片 岩                              | 24                                       | 25              |
|                   |               |                                  |                                  |                                  |                          | Dz <sub>28</sub>  | 角闪石英<br>磁 铁 矿        | 30<br>27                               | 30<br>26                                 | 34<br>30                                 | 26—30           |
|                   |               |                                  |                                  |                                  |                          |                   |                      |                                        |                                          |                                          |                 |
|                   |               |                                  |                                  |                                  |                          |                   |                      |                                        |                                          |                                          |                 |

\* 斯: D.B.斯利蒙斯等, 1975, 旋转台鉴定法译文集, 地质出版社; A.C马: A.C.马富林, 1962, 酸性及中性斜长石的成分, 有序度, 光性方位图解; 尼: B.B.尼基丁, 1936, 长石最重要的结晶方向对光率体轴Ng、Nm、Np关系图解。

主, 分布广泛, 片麻岩多数受混合岩化作用形成各种类型的混合岩, 因此片麻岩出露不多, 主要见于花园组地层中。

黑云变粒岩为本区常见的岩石类型, 常与片岩或斜长变粒岩与斜长角闪岩呈互层状产出。黑云斜长变粒岩中见有碎屑状长石(图版I—2)。此外, 尚见有一些薄层状斜长浅粒岩, 斜长石含量达90%, 夹于斜长角闪岩或片麻岩中, 斜长石An变化大, An=25—44%, 主要是受混合岩化作用影响所致, 原岩可能为基性岩变质分异形成。

### (3) 角闪质岩类

主要为斜长角闪岩, 其次为斜长角闪片岩、角闪石岩等。斜长角闪岩多呈层状与变粒岩、片麻岩呈互层状产出。产于花园组中的斜长角闪岩, 以中—厚层细粒芝麻点状构造或片麻状构造为主; 而在吴集组中所见的斜长角闪岩为中—薄层状夹于片岩、变粒岩中。斜长角闪岩主要矿物为斜长石、角闪石及少量黑云母, 石英含量为0—5%, 副矿物为磷灰石、榍石、磁铁矿、黄铁矿等。此外还有锆石、钛铁矿, 偶见碳硅石。岩石中常见自形长柱状与粒状半滚圆状的磷灰石(图版I—3), 且含有气液包裹体。角闪石经红外光谱测定

为普通角闪石<sup>①</sup>。斜长石呈他形或半自形柱状, 粒径0.1—0.5毫米, 经费氏台测定  $An=23-46\%$ , 偶见环带结构(图版I—4)、斑状结构(图版II—5), 还见有钛铁矿与磁铁矿呈固溶体分离结构<sup>②</sup>。在淮河以北陶坝地区的斜长角闪岩中尚见有变余杏仁状结构, 杏仁孔洞被中一细粒斜长石所充填(图1), 并被压扁拉长呈扁豆体状, 反映出此类岩石具火山岩特征, 推测原岩为基性凝灰岩或熔岩。

斜长角闪片岩主要见于磁铁石英岩矿层的顶底板, 呈薄层状与磁铁石英岩为渐变过渡。以含石英达10—15%区别于斜长角闪岩, 并常含少量石榴石、钛铁矿等矿物。过去认为



图1 斜长角闪岩中变余杏仁状结构

Fig. 1 Blastoamygdaloidal texture in amphibolite.

为此类岩石为泥灰质岩变质而成, 据任思明研究<sup>③</sup>, 斜长角闪片岩及铁闪片岩中, 含有钛铁矿、磁铁矿并呈碎屑状。磁铁矿—钛铁矿固溶体分离结构较为普遍, 并见磁铁矿或钛铁矿呈变余晶屑结构(图版I—6)。磁铁矿经电子探针分析(表3), 富含 $Cr_2O_3$ , 可达0.13—0.28%, 含 $TiO_2$ 可达0.55%, 认为磁铁矿可能是中基性火山岩喷发的产物。此外, 还从斜长角闪片岩中选出角闪石进行化学分析, 含 $Cr_2O_3$ 为

表3 磁铁矿、钛铁矿电子探针分析结果(%)

Table 3 Electron probing analysis of magnetite and ilmenite

| 样号               | 岩石名称         | 矿物名称             | $SiO_2$ | $TiO_2$ | $Al_2O_3$ | $FeO$ | $MgO$ | $MnO$ | $Cr_2O_3$ | $V_2O_5$ | 围岩           |
|------------------|--------------|------------------|---------|---------|-----------|-------|-------|-------|-----------|----------|--------------|
| D <sub>2</sub>   | 磁铁石英岩        | 磁铁矿              | 0.03    | 0.04    | 0.38      | 92.83 | —     | 0.10  | 0.04      |          | 上下皆为铁闪磁铁石英岩  |
| K <sub>17</sub>  | 含钛、磁铁矿斜长角闪片岩 | 磁铁矿              | —       | 0.07    | 0.19      | 93.74 | 0.01  | 0.01  | 0.13      | 0.58     | 夹于大理岩和斜长片岩之间 |
|                  |              | 钛铁矿              |         | 40.77   | 0.27      | 53.83 | 0.06  | 3.07  | 0.08      |          |              |
| Z <sub>29</sub>  | 含磁铁矿石榴铁闪片岩   | 磁铁矿              | 0.01    | 0.55    | 0.41      | 93.35 | 0.01  | 0.02  | 0.28      |          | 夹于磁铁石英岩中     |
|                  |              | 钛铁矿 <sup>①</sup> | 1.01    | 40.48   | 0.55      | 55.78 | 0.44  | 1.22  | 0.12      |          |              |
|                  |              | 钛铁矿 <sup>②</sup> | 7.06    | 30.16   | 4.83      | 51.97 | 3.99  | 0.82  | 0.16      |          |              |
| R <sub>276</sub> | 绿泥石化十字磁铁黑云片岩 | 钛铁矿              | —       | 64.81   | 0.04      | 34.43 | 0.02  | 0.15  | 0.59      |          | 与磁铁角闪岩接触     |
|                  |              | 钛赤铁矿             | 0.02    | 12.54   | 0.04      | 85.96 | 0.09  | 0.09  | 0.85      |          |              |

①②为不同部位

测定者: 中国地质科学院矿床地质研究所 黄进

0.02%,  $TiO_2$ 为1.12%, 这都说明原岩具火山岩特征, 由此说明斜长角闪片岩的原岩, 部分应为基性凝灰岩。

角闪石岩为灰黑或黑绿色, 致密块状。普通角闪石含量可达90%, 尚有少量斜长石。角闪石岩呈条带状夹于磁铁石英岩中, 与磁铁角闪岩渐变过渡, 于矿层附近常变成铁闪石

① 江苏省地质矿产局南京实验室测定

② 据任思明鉴定

③ 任思明, 1981, 从磁铁矿特征试论霍丘铁矿的成因问题。未刊。

岩或磁铁铁闪岩。同时见有绿色角闪石与铁闪石连生,角闪石斑状变晶长达4毫米,其中并包有自形角闪石,说明它们有两个时代。

#### (4) 大理岩类

主要分布于吴集组上部,呈透镜状一层状夹于片岩及变粒岩中,已知最大厚度约250米左右,一般厚约数米至十余米。组成矿物以白云石为主,次为透闪石、金云母等。李老庄地区大理岩常蚀变为蛇纹岩,且大理岩中夹有菱镁矿,镜下见菱镁矿包有白云石微晶(图版I-7),说明菱镁矿是一种含镁热液交代白云石而成的。

#### (5) 磁铁岩类

主要为磁铁石英岩。赋存于吴集组合铁岩系中,与薄层斜长角闪片岩、斜长片岩、榴英片岩或斜长变粒岩呈互层产出(图2)。值得注意的是磁铁石英岩与中基性火山碎屑岩及基性凝灰岩密切共生。矿石具条纹一条带状构造(条带宽1毫米—几毫米),部分为块状或片麻状构造。矿物以磁铁矿和石英为主,其次为角闪石、铁闪石、阳起石、钛铁矿、赤铁矿等。副矿物为磷灰石,具粒状变晶结构。磁铁矿以粒径0.02—0.5毫米、他形一半自形为主,镜下常见粒径小于0.01毫米,磁铁矿尘点被包于石英中(图版I-8),石英显示出由硅质重结晶特征,类似于碧玉铁质岩结构。据三三七地质队资料,铁矿石化学分析结果(12个样)平均为:  $\text{SiO}_2$  49.20%、 $\text{Fe}_2\text{O}_3$  31.82%、 $\text{FeO}$  10.10%、 $\text{TiO}_2$  0.20%、 $\text{Al}_2\text{O}_3$  3.04%、 $\text{MgO}$  2.17%、 $\text{CaO}$  3.04%,从化学成分看,与晋北火山-沉积变质型铁矿床相类似<sup>①</sup>。

另外,在李老庄地区尚见有铁菱镁矿磁铁矿及磁铁蛇纹岩,呈透镜状夹于磁铁石英岩或白云石大理岩中,其成因问题尚待研究。

### 原岩恢复的方法和结果

我们在霍丘地区,对变质岩进行原岩恢复时,在野外特别注意钻孔剖面的层序及岩石组合、变余构造,在室内选用了岩矿及重砂鉴定,采用多种岩石化学图解等方法,进行综合对比研究,对原岩加以恢复。

#### 一、变余结构、构造

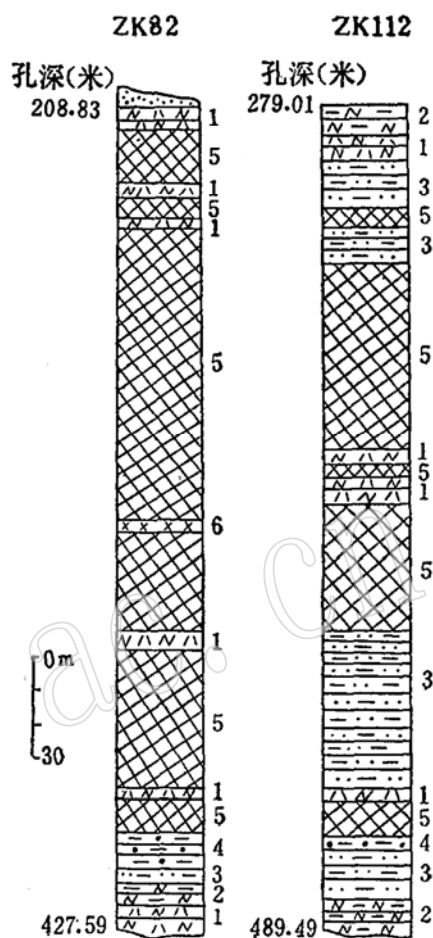


图2 张庄铁矿钻孔柱状图(据安徽省337队资料)

Fig. 2 A drill hole column from Zhangzhuang iron mine in Huoqiu

1—斜长角闪岩或片岩; 2—斜长片麻岩;  
3—斜长片岩(含蓝晶石); 4—榴英片岩;  
5—角闪石英磁铁矿; 6—辉绿岩

① 杨敏之, 1980, 晋北前寒武纪铁矿床组合、成矿系列及其演化的地质地球化学特征。天津冶金地质调查所所报第一期。

霍丘含铁岩系见有微韵律层理,在含矿层中常见黑云角闪变粒岩—斜长角闪岩—含磁铁斜长角闪岩—角闪磁铁石英岩呈韵律性层理,单层由数米至几厘米,乃至小于几毫米的微层,显示沉积特征。本区岩石除有一些沉积特征的变余结构构造外,还常见变余火山特征的结构构造(已如上述)。

## 二、变质岩石组合

本区主要出现两种变质岩石组合,含铁岩系的岩石组合为:黑云变粒岩—蓝晶石榴片岩—角闪(铁闪)磁铁石英岩—斜长角闪片岩(或斜长角闪岩)组合。这个组合的顶部尚夹有透镜状白云质大理岩。本组合以含十字石、蓝晶石、矽线石片岩为特征,这在一定程度上反映了变余层理特征。斜长角闪岩与变粒岩截然接触,为突变关系。

在霍丘群下部,出现以黑云角闪斜长片麻岩—斜长角闪岩—黑云变粒岩互层,以中厚层产出,除斜长角闪岩外,都受到不同程度的混合岩化作用,形成眼球状—变斑状混合岩和混合片麻岩等。斜长角闪岩亦具片麻状和芝麻点状构造。该组合除含少量石榴石外,不含富铝矿物及大理岩,反映出物质成分的不同,也说明它们的原岩性质有明显差别。

## 三、副矿物特征

我们在各岩类采得人工重砂19件,经分离鉴定<sup>①</sup>,发现各样品中均有相同或不同的副矿物组合,相似组合如:磷灰石+黄铁矿+锆石(少),磁铁矿和碳硅石也常出现于每一种岩石中。而不同岩类又有不同的造岩矿物与副矿物组合,如斜长角闪岩类有榍石、磁黄铁矿、钛铁矿等;变粒岩—片麻岩类有钛铁矿、金红石等;片岩类则有赤铁矿等。从副矿物组合也说明在相同的环境条件下,其原岩性质不同。

磷灰石为普遍出现的副矿物,以无色透明、玻璃光泽为主,碎屑直径小于0.4毫米,斜长角闪岩中见有半自形长柱状磷灰石,据测定为氟磷灰石<sup>②</sup>,且富含稀土元素,含量为0.268%,说明来自于火山岩。

锆石分布也较普遍,据邵桂清研究<sup>③</sup>,大致有两种,一种多为碎屑状或浑圆粒状,表面见有麻点凹坑或裂纹,粒度小(长0.15~0.05毫米,宽0.05~0.1毫米),延长系数小于2,这种锆石出现于各类岩石中,尤以片岩类为多,反映了沉积成因的特征。另一种锆石为浅黄色或青灰色,透明度好,金刚光泽,晶面光滑,晶棱清楚,为四方柱或复四方双锥体,晶体长1~2毫米,宽0.03~0.1毫米,其长宽之比大于2.5以上,有的达到4以上。这种锆石主要见于斜长角闪岩及部分片麻岩、变粒岩中。另外,据A. B. 西多连科(1972)资料<sup>④</sup>,产于中性和基性岩中的锆石,其 $ZrO_2/HfO_2$ 比值在41—71之间。霍丘斜长片麻岩中的锆石,据宜昌地矿研究所分析,其 $ZrO_2/HfO_2$ 为45.9,这也说明其寄主岩石的原岩具中基性火山岩特征。

## 四、岩石化学法

为进一步确定原岩类型,选取23个岩石全分析结果,它们都是没有受混合岩化影响的

① 由杨正琪、高远完成。

② 俞受璠等,1981,豫中皖西地区晚太古代沉积变质铁矿分布规律及找矿方向,中国地质科学院宜昌地质矿产研究所。

③ 邵桂清,1981,皖西霍丘群变质岩系中锆石特征及其对恢复原岩的应用。未刊。

④ A. A. 克列麦涅茨基、H. A. 尤什科,1974,副矿物锆石的标型特征是前寒武纪角闪岩的成因标志,《变质岩的原岩识别及其恢复方法》,地质情报研究所。

表4 岩石化学分析结果  
Table 4 Chemical composition of rock from Huoqiu Group

| 顺<br>序<br>号 | 样品号    | 岩 石 名 称      | 产 地   | 氧 化 物 %          |                  |                                |                                |       |      |       |       |                   |                  |                               |                               |                               |                 | 合 计  |                 |        |
|-------------|--------|--------------|-------|------------------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|-------|------|-------|-------|-------------------|------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-----------------|------|-----------------|--------|
|             |        |              |       | SiO <sub>2</sub> | TiO <sub>2</sub> | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | FeO   | MnO  | MgO   | CaO   | Na <sub>2</sub> O | K <sub>2</sub> O | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | H <sub>2</sub> O <sup>+</sup> | H <sub>2</sub> O <sup>-</sup> | CO <sub>2</sub> |      | SO <sub>3</sub> | 灼失量    |
| 1           | Rz101  | 含石榴黑云斜长片岩    | 周集17线 | 62.70            | 0.51             | 15.96                          | 1.52                           | 5.56  | 0.08 | 8.59  | 2.29  | 3.61              | 2.31             | 0.13                          | 0.98                          | 0.39                          |                 |      | 0.88            | 99.63  |
| 2           | Rz110  | 含十字黑云石榴片岩    |       | 54.70            | 0.61             | 15.89                          | 2.00                           | 17.14 | 0.06 | 5.11  | 0.96  | 0.41              | 1.61             | 0.10                          | 1.51                          | 0.53                          |                 | S    | 0.47            | 101.53 |
| 3           | Rz116  | 含蓝晶、矽线榴黑云片岩  |       | 53.18            | 0.83             | 17.54                          | 1.49                           | 9.14  | 0.09 | 6.81  | 0.49  | 0.25              | 3.75             | 0.12                          | 5.18                          |                               | 0.30            | 0.31 | 4.78            | 99.48  |
| 4           | Rz269  | 含十字、石榴黑云片岩   |       | 50.69            | 0.75             | 17.48                          | 1.12                           | 16.00 | 0.11 | 5.46  | 1.47  | 0.80              | 2.26             | 0.14                          | 2.46                          |                               | 0.23            | 0.25 | 1.44            | 99.22  |
| 5           | Rz7    | 含十字、蓝晶黑云斜长片岩 |       | 61.82            | 0.70             | 15.80                          | 1.09                           | 6.72  | 0.08 | 4.03  | 1.63  | 2.49              | 2.25             | 0.13                          | 2.96                          |                               | 0.33            | 0.30 | 3.04            | 100.33 |
| 6           | Rz99   | 含十字、石榴黑云斜长片岩 |       | 68.68            | 0.54             | 12.78                          | 1.62                           | 3.86  | 0.04 | 3.55  | 0.93  | 1.81              | 1.96             | 0.10                          | 3.82                          |                               | 0.20            | 0.01 | 3.27            | 99.90  |
| 7           | Rz4    | 含十字蓝晶黑云斜长片岩  |       | 54.74            | 1.18             | 20.25                          | 1.74                           | 7.66  | 0.06 | 3.79  | 1.72  | 2.01              | 2.84             | 0.06                          | 2.44                          |                               | 0.17            | S    | 2.26            | 99.50  |
| 8           | Rz87   | 黑云角闪斜长变粒岩    |       | 59.47            | 0.53             | 16.54                          | 1.95                           | 8.20  | 0.09 | 3.10  | 2.94  | 2.87              | 2.05             | 0.13                          | 1.66                          | 0.38                          |                 | 0.84 | 1.67            | 99.91  |
| 9           | 周178   | 蓝晶黑云斜长片麻岩    |       | 71.18            | 0.42             | 12.52                          | 0.41                           | 3.92  | 0.04 | 2.50  | 1.99  | 3.42              | 1.42             | 0.10                          | 1.82                          |                               | 0.25            | 0.03 |                 | 100.02 |
| 10          | 草02    | 黑云斜长变粒岩      | 草 楼   | 64.54            | 0.60             | 15.44                          | 1.68                           | 4.24  | 0.09 | 1.89  | 4.47  | 3.65              | 1.47             | 0.16                          | 0.81                          | 0.28                          | 0.34            | 0.13 |                 | 99.79  |
| 11          | 草18    | 含石榴黑云斜长片麻岩   |       | 58.91            | 0.60             | 16.76                          | 0.87                           | 7.61  | 0.10 | 4.28  | 2.60  | 3.91              | 1.86             | 0.17                          | 1.45                          | 0.26                          | 0.16            | 0.10 |                 | 99.64  |
| 12          | 周38    | 石榴黑云斜长片麻岩    | 周 集   | 53.01            | 0.51             | 9.81                           | 3.57                           | 22.98 | 0.18 | 4.86  | 1.16  | 0.43              | 1.26             | 0.24                          | 1.26                          |                               | 0.40            |      |                 | 99.67  |
| 13          | Rz29   | 磁铁绿泥石英片岩     | 周集17线 | 48.91            | 0.37             | 8.53                           | 16.38                          | 11.88 | 0.10 | 4.80  | 2.88  | 0.95              | 0.60             | 0.39                          | 3.42                          | 0.73                          |                 | S    | 3.56            | 99.94  |
| 14          | Rz112  | 石英石榴石岩       |       | 58.64            | 0.61             | 11.86                          | 1.70                           | 14.89 | 0.14 | 5.84  | 1.54  | 0.31              | 1.75             | 0.05                          | 1.66                          |                               | 0.43            | 0.02 | 0.56            | 99.44  |
| 15          | Rzx45  | 斜长角闪岩        | 重新集   | 48.16            | 2.44             | 14.52                          | 3.63                           | 10.43 | 0.15 | 6.13  | 8.00  | 3.23              | 0.67             | 0.36                          | 1.26                          |                               | 0.33            | S    | 0.86            | 99.51  |
| 16          | R19    | 蛇 纹 岩        | 李老庄   | 37.68            | 0.39             | 4.35                           | 2.45                           | 1.90  | 0.04 | 36.28 | 0.43  | 0.09              | 0.10             | 0.03                          | 14.40                         |                               | 1.24            | 0.2  | 15.28           | 99.53  |
| 17          | Rz23   | 斜长角闪岩        | 周集17线 | 48.67            | 1.57             | 14.47                          | 3.77                           | 10.39 | 0.18 | 6.83  | 6.36  | 2.44              | 2.04             | 0.24                          | 2.22                          | 0.76                          |                 | 0.15 | 2.58            | 99.94  |
| 18          | Rz37   | 斜长角闪岩        |       | 49.24            | 1.97             | 12.81                          | 6.80                           | 10.59 | 0.18 | 5.14  | 8.39  | 2.25              | 1.20             | 0.18                          | 0.58                          | 0.23                          |                 |      | 0.93            | 99.56  |
| 19          | Rz5    | 含钛铁斜长角闪岩     |       | 44.61            | 3.02             | 15.15                          | 4.47                           | 16.12 | 0.19 | 5.45  | 7.40  | 2.20              | 1.75             | 0.48                          | 1.74                          | 0.35                          |                 |      | 1.91            | 99.92  |
| 20          | Rz172  | 角 闪 岩        |       | 45.43            | 0.42             | 15.67                          | 1.54                           | 9.54  | 0.20 | 11.42 | 10.66 | 1.56              | 0.88             | 0.04                          | 0.77                          | 0.20                          |                 |      | 0.43            | 98.38  |
| 21          | 周615—2 | 透闪金云大理岩      | 周 集   | 10.32            | 0.15             | 1.86                           | 0.69                           | 2.04  | 0.05 | 19.23 | 27.18 | 0.33              | 1.04             | 0.05                          | 1.30                          |                               | 35.5            | 0.06 |                 | 99.80  |
| 22          | 李老庄    | 白云大理岩        | 李老庄   | 0.46             | 0.04             | 0.24                           | 0.78                           | 3.76  | 0.70 | 18.66 | 29.16 | 0.12              | 0.03             | 0.03                          | 1.30                          |                               | 43.25           | 0.04 |                 | 98.57  |
| 23          | 周174—1 | 铁闪磁铁石英岩      | 周 集   | 47.78            | 0.12             | 0.86                           | 34.18                          | 12.75 | 0.20 | 2.56  | 1.06  | 0.23              | 0.12             | 0.12                          |                               |                               |                 |      | 0.23            | 100.21 |

1—20本文提供, 安徽省地矿局实验室分析; 21—22中国地质科学院宜昌地矿研究所分析; 23安徽省地矿局三七地质队资料

表5 表4中的P. 尼格里值及有关数值

Table 5 P. Niggli's Values and other related values calculated from data in Table 4

| 序号 | 尼 格 里 参 数 |       |       |       |       |      |      |        |      | A     | C     | F     | M     |
|----|-----------|-------|-------|-------|-------|------|------|--------|------|-------|-------|-------|-------|
|    | Si        | al    | fm    | C     | alk   | mg   | K    | qz     | C/fm |       |       |       |       |
| 1  | 224.52    | 33.66 | 40.00 | 8.60  | 17.74 | 0.48 | 0.29 | 53.56  | 0.22 | 44.33 | 6.36  | 39.33 | 9.97  |
| 2  | 152.21    | 26.07 | 67.17 | 2.84  | 3.93  | 0.32 | 0.72 | 36.49  | 0.04 | 25.61 | 1.54  | 64.60 | 8.23  |
| 3  | 163.73    | 31.82 | 58.47 | 1.61  | 8.10  | 0.53 | 0.91 | 31.32  | 0.03 | 38.05 | 1.06  | 46.12 | 14.77 |
| 4  | 138.66    | 28.19 | 61.42 | 4.32  | 6.07  | 0.36 | 0.65 | 14.38  | 0.07 | 29.80 | 2.51  | 58.38 | 9.31  |
| 5  | 247.38    | 33.97 | 45.63 | 6.36  | 14.05 | 0.48 | 0.37 | 91.18  | 0.14 | 42.61 | 4.40  | 42.43 | 10.87 |
| 6  | 322.43    | 35.37 | 45.84 | 4.68  | 14.10 | 0.54 | 0.42 | 166.03 | 0.10 | 45.29 | 3.30  | 38.84 | 12.58 |
| 7  | 176.80    | 38.54 | 43.35 | 5.96  | 12.15 | 0.42 | 0.48 | 28.20  | 0.14 | 45.44 | 3.86  | 42.19 | 8.51  |
| 8  | 197.80    | 32.34 | 43.31 | 10.58 | 13.77 | 0.35 | 0.32 | 42.72  | 0.24 | 38.57 | 6.85  | 47.34 | 7.23  |
| 9  | 341.00    | 35.25 | 34.82 | 9.78  | 20.14 | 0.51 | 0.21 | 160.45 | 0.28 | 48.77 | 7.75  | 33.73 | 9.73  |
| 10 | 248.61    | 34.95 | 29.17 | 18.52 | 17.36 | 0.37 | 0.21 | 79.17  | 0.63 | 45.89 | 13.28 | 35.19 | 5.61  |
| 11 | 189.01    | 31.79 | 43.35 | 8.86  | 15.99 | 0.48 | 0.24 | 25.05  | 0.20 | 41.28 | 6.40  | 41.77 | 10.54 |
| 12 | 141.25    | 15.36 | 78.08 | 3.35  | 3.36  | 0.25 | 0.66 | 27.84  | 0.04 | 14.23 | 1.68  | 77.03 | 7.05  |
| 13 | 125.52    | 12.95 | 75.71 | 8.02  | 3.32  | 0.24 | 0.30 | -12.24 | 0.10 | 11.72 | 3.95  | 77.71 | 6.59  |
| 14 | 179.74    | 21.42 | 69.17 | 5.06  | 4.35  | 0.31 | 0.79 | 62.34  | 0.07 | 22.62 | 2.94  | 63.30 | 11.14 |
| 15 | 116.31    | 20.67 | 50.04 | 20.71 | 8.59  | 0.44 | 0.12 | -18.05 | 0.41 | 25.58 | 14.10 | 49.53 | 10.80 |
| 16 | 77.35     | 5.27  | 93.47 | 0.94  | 0.32  | 0.92 | 0.42 | -23.93 | 0.01 | 8.74  | 0.86  | 17.48 | 72.91 |
| 17 | 118.77    | 20.82 | 53.66 | 16.57 | 8.94  | 0.46 | 0.36 | -16.99 | 0.31 | 25.84 | 11.36 | 50.58 | 12.20 |
| 18 | 119.19    | 18.24 | 52.91 | 21.80 | 7.05  | 0.35 | 0.26 | -9.01  | 0.41 | 20.95 | 13.72 | 56.90 | 8.40  |
| 19 | 104.72    | 20.93 | 52.85 | 18.60 | 7.61  | 0.36 | 0.34 | -25.72 | 0.35 | 23.97 | 11.71 | 55.68 | 8.62  |
| 20 | 92.88     | 18.83 | 53.74 | 23.31 | 4.11  | 0.65 | 0.54 | -23.56 | 0.43 | 26.15 | 17.79 | 36.98 | 19.06 |
| 21 | 16.63     | 1.79  | 49.73 | 46.93 | 1.55  | 0.94 | 0.68 | -89.56 | 0.93 | 3.46  | 50.58 | 10.16 | 35.79 |
| 22 | 0.72      | 0.18  | 50.66 | 49.05 | 0.16  | 0.86 | 0.16 | -99.92 | 0.96 | 0.42  | 51.03 | 15.89 | 32.65 |
| 23 | 112.06    | 1.18  | 94.75 | 2.66  | 1.40  | 0.09 | 0.26 | 6.46   | 0.03 | 0.89  | 1.09  | 95.39 | 2.64  |

变质岩。将分析结果换算为尼格里值及有关数值(表4、5),利用一般通用的图解进行投影,其结果如下:

(1) 片岩类:有9个化学分析结果(表4中之1—7、13—14),多数  $K_2O > Na_2O$ ,  $MgO < CaO$ , 含  $Al_2O_3$  较高,在化学图解(图3—5)中投影,大多落入沉积岩区,原岩为泥质粉砂岩或粉砂质泥岩。但部分薄片中有变余晶屑结构,有些片岩兼具一定火山组份,原岩可能含有凝灰质物质成分。石英石榴石岩,原岩为硅铁质泥岩。磁铁绿泥石英片岩,原岩为含镁铁硅质岩。

### (2) 变粒岩——片麻岩类

有五个岩石化学分析结果(表4中8—12),  $SiO_2$  变化较大,这是因片麻岩中后期石英脉贯入有关。多数  $Na_2O > K_2O$ , 少部分  $K_2O > Na_2O$ , 其化学成分与中基性火山岩相近。在各化学图解中,投影于铝土镁铁硅质亚区或铁硅质区(图3)、硬砂岩、泥质砂岩或中性岩(图4)、粘土半粘土质岩、硬砂岩区(图5)、少部分落入正变质的碱土—铝硅酸盐亚区(图3)。综合有关各种资料,变粒岩—片麻岩的原岩为泥质长石砂岩,一部分为凝灰质长石砂岩或凝灰岩。

### (3) 角闪质岩类

有五个岩石化学分析结果(表4中15、17—20),  $\text{SiO}_2$  43—49%、 $\text{Na}_2\text{O} > \text{K}_2\text{O}$ 、 $\text{MgO}$  平均为6.99%、 $\text{CaO}$  为8.16%、 $\text{FeO} > \text{Fe}_2\text{O}_3$ , 化学特征与基性岩相似。在各个图解上, 大部分落入基性岩区(图5)、有二个样落入铝土—镁铁硅质岩亚区(图3)、基性岩可能变种区(图4), 据谢英奎用D. M. 肖氏判别函数式计算,  $\text{DF} > 0$  为正变质,  $\text{DF} < 0$  为副变质。霍丘斜长角闪岩  $\text{DF} = 0.5—4.88$  为正角闪岩, 仅一个样(表4中17),  $\text{DF} = -2.22$  为副角闪岩。综合考虑角闪岩的原岩主要为基性凝灰岩, 少部分为拉斑玄武岩。

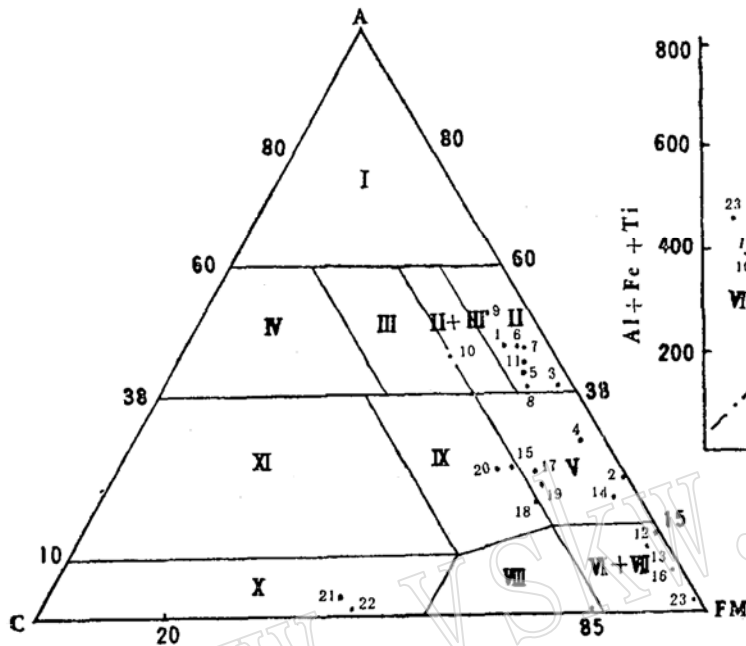


图3 A-C-FM图解(据H.П.Семенов, 1966)

Fig.3 A-C-FM diagram for metamorphic rocks

I—铝硅酸盐亚组, II—铁镁、铝硅酸盐亚组, III—正变质的碱土-铝硅酸盐亚组, IV—钙-铝硅酸盐亚组, V—铝土-镁铁-硅质岩亚组, VI—铁-硅质岩亚组, VII—正变质的镁质超基性岩亚组, VIII—正变质的碱土-少铝土质超基性岩亚组, IX—正变质碱土-铝土质基性岩亚组, X—碱土-钙质系列的钙质-碳酸盐亚组, XI—碱土-钙质系列的铝土-钙质岩亚组

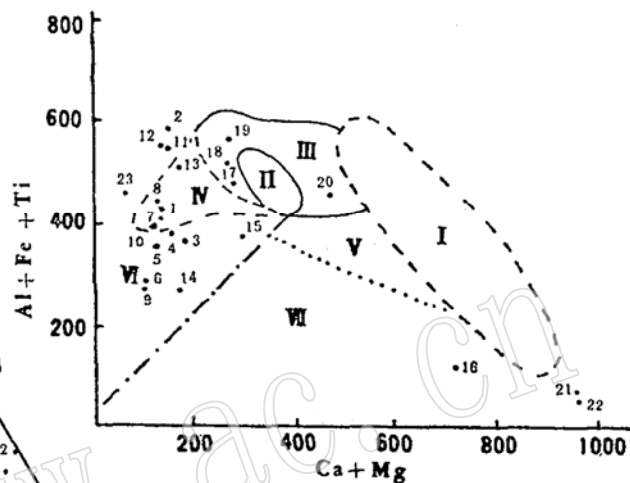


图4 (Al + Fe + Ti) 对 (Ca + Mg) 图解  
(据 B. Moine, 1968)

Fig.4 (Al + Fe + Ti) vs. (Ca + Mg) diagram

I—超基性岩, II—基性岩(各种成分的最高密度区), III—基性岩(考虑到所有可能的变种区), IV—中性火成岩区及砂泥质杂岩, 泥质凝灰岩区, V—基性单矿物碎屑砂岩(基性成分砂岩)、砂质凝灰岩区, VI—粘土、薄层泥岩、粉砂岩、长石砂岩和泥灰岩砂岩, VII—粘土质和钙质泥灰岩

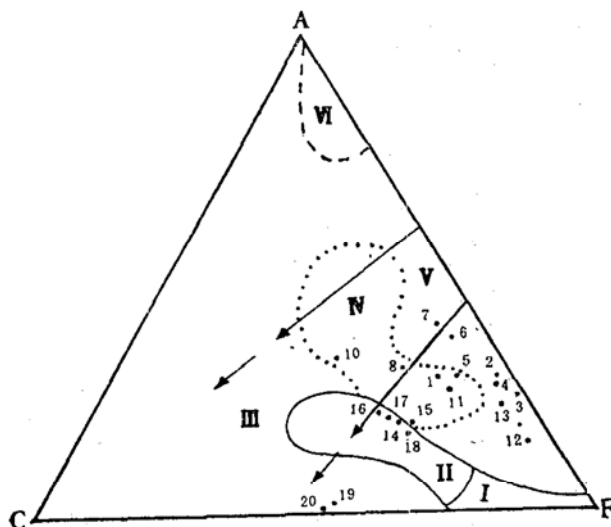


图5 ACF图解(据H.G.F. Winkler, 1976)

Fig.5 ACF diagram

I—超基性岩, II—基性岩, III—泥灰岩(白云质), IV—硬砂岩, V—粘土半粘土质岩, VI—富铝粘土

为研究蛇纹岩及大理岩的成因,有三个化学分析结果(表4中16、21—22),其化学成分具沉积变质特征。在化学图解上,落入碳酸盐区(图3、4),而16号样落入正变质超基性岩区(图3),这是由蚀变引起镁质富集,钙减少, $\text{SiO}_2$ 增加等因素有关。从分析结果看,它们都缺少超基性岩所特有的Cr、Ni等组份,而在镜下可见到残留于蛇纹岩中的白云石,综合考虑,认为原岩为白云质灰岩。

铁闪磁铁石英岩(表4中23),在化学图解上落入铁硅质岩区(图3)或沉积岩区(图4),原岩为铁硅质岩。

用岩石化学图解法恢复原岩,大部分与地质观察相吻合,仅有少数投影点不尽合理。因此,岩石化学法是变质岩区恢复原岩的重要手段之一。

### 五、地球化学特征

(1) 恩格尔(1974)<sup>[5]</sup>研究地壳演化和全球构造时,曾收集了南非、北美、澳大利亚地盾区(主要为太古代绿岩带)的岩石化学成分,以 $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ (重量%)作为岩石化学分异的化学指数,他发现25亿年前的岩石,其分异指数小于1,他认为太古代岩石的低分异比值与大陆地壳早期形成有关。而在25亿年后,原始地壳增长为一个或两个原始大陆,并有高热活动和造山幕, $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ 比值可上升到2(图6)。说明25亿年为地球演化的突变阶段。霍丘变质岩系不同岩类,其 $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ 之比有区别,片岩类平均为1.53,变粒岩一片麻岩及角闪岩类均为0.56左右,整个岩系平均的 $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ 比值为0.89,其比值小于1,属低分异比值,可与世界大部分太古代岩系分布区钾质元素演化相符(图7)。同时,从岩石的矿物组合(表6)中也可以看出,在硬砂岩或长石砂岩中,以含斜长石碎屑为主,未见钾长石碎屑。笔者认为霍丘含铁岩系的物质主要来自基性和部分中性的火山岩,经过海水流搬运一定距离,在海盆中沉积而成。

(2) 锶同位素组成特征 锶在地球演化过程中,由于 $^{87}\text{Rb}$ 向 $^{86}\text{Sr}$ 衰变,使锶同位素组成不断变化,Rb/Sr比值的大小反映原岩所处体系锶的演化历史,并决定了 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 的初始比值。已知大陆壳岩石富含硅、铝及碱金属和铷,它们的Rb/Sr比值比上地幔高得多,以地壳为25亿年形成时间计算,其Rb/Sr比值为0.24, $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 的初始比为0.719,而当时的上地幔Rb/Sr比值为0.024, $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 的初始比为0.701。人们已成功的应用火成岩的 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 初始比值来判断岩石成因。

霍丘变质岩经Rb—Sr法测定,等时线年龄为27.5亿年, $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 初始比为 $0.7072 \pm 12$ ,属太古代晚期的产物<sup>[4]</sup>。而从铷锶测定结果来看,不同岩石其含量也不同,斜长角闪片岩含铷量低,Rb/Sr比值平均为0.13,变粒岩及片岩的铷含量明显高于斜长角闪岩,Rb/Sr比值为0.35。霍丘变质岩的 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 初始比值为 $0.7036 \sim 0.7072$ 。从岩石的初始比值看,高于地幔岩而又低于陆壳,这说明来自中基性火山岩的物质,在其生成过程中,受到大陆壳的混染。也就是说, $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 比值不仅由 $^{87}\text{Rb}$ 的衰变而改变,它们经过沉积、成岩作用也受到改变,特别变质作用使初始比值增大,变质作用后锶同位素均一化,基本保持封闭体系,目前的初始比值记录了地质作用的结果,也显示出岩石具火山沉积成因的特征。

(3) 硫同位素特征 我们对黑云片岩、斜长角闪岩、铁闪片岩中的黄铁矿进行硫同位素测定(表7),其 $\delta^{34}\text{S}$ 值与陨石硫相似。

虽然前寒武纪硫同位素组成并不清楚,但它们多具低值。据杨凤筠研究<sup>①</sup>,鞍山群中

表 6 霍丘群部分变质岩石的矿物组合及 ACF 值

Table 6 Mineral assemblage and ACF data of a part of the metamorphic rocks of Huoqiu Group

| 顺序号 | 样 号    | 岩 石 名 称     | 矿 物 组 合               | ACF 值 |       |       |
|-----|--------|-------------|-----------------------|-------|-------|-------|
|     |        |             |                       | A     | C     | F     |
| 1   | Rz101  | 含石榴黑云斜长片岩   | 石英—斜长石—黑云母—石榴石        | 28.74 | 13.77 | 57.49 |
| 2   | Rz110  | 含十字黑云榴片岩    | 铁铝榴石—黑云母—斜长石—十字石      | 28.16 | 3.18  | 68.66 |
| 3   | Rz116  | 含蓝晶砂线黑云片岩   | 黑云母—铁铝榴石—斜长石—蓝晶石(砂线石) | 23.43 | 2.17  | 74.39 |
| 4   | Rz269  | 含十字榴黑云片岩    | 黑云母—铁铝榴石—斜长石—十字石      | 26.84 | 4.98  | 68.17 |
| 5   | Rz7    | 含十字蓝晶黑云斜长片岩 | 斜长石—石英—黑云母—十字石—蓝晶石    | 30.41 | 9.02  | 60.57 |
| 6   | Rz99   | 含十字榴黑云斜长片岩  | 斜长石—石英—黑云母—十字石        | 34.98 | 6.73  | 58.22 |
| 7   | Rr4    | 含十字蓝晶黑云斜片岩  | 斜长石—石英—黑云母—蓝晶石—十字石    | 38.77 | 8.09  | 53.13 |
| 8   | Rz87   | 黑云斜长变粒岩     | 斜长石—石英—黑云母            | 31.08 | 14.91 | 54.01 |
| 9   | 周178   | 蓝晶黑云斜长片麻岩   | 斜长石—石英—黑云母、蓝晶石        | 26.57 | 17.39 | 56.04 |
| 10  | 草 02   | 黑云斜长变粒岩     | 斜长石—石英—黑云母            | 32.49 | 29.04 | 38.47 |
| 11  | 草 28   | 含榴黑云斜长片麻岩   | 斜长石—黑云母—石英—石榴石        | 25.18 | 13.24 | 61.58 |
| 12  | 周 38   | 榴黑云斜长片麻岩    | 斜长石—黑云母—石英—石榴石        | 17.36 | 3.74  | 78.90 |
| 13  | Rz122  | 石英榴石岩       | 铁铝榴石—石英—斜长石           | 21.31 | 5.67  | 73.02 |
| 14  | Rzx45  | 斜长角闪岩       | 普通角闪石—斜长石             | 19.32 | 26.04 | 54.64 |
| 15  | Rz23   | 斜长角闪岩       | 普通角闪石—斜长石             | 21.12 | 20.48 | 58.40 |
| 16  | Rz37   | 斜长角闪岩       | 普通角闪石—斜长石—石英          | 21.85 | 27.15 | 51.01 |
| 17  | Rz5    | 含钛斜长角闪岩     | 普通角闪石—斜长石             | 20.78 | 23.25 | 55.87 |
| 18  | Rz172  | 角闪岩         | 普通角闪石—黑云母             | 17.53 | 25.73 | 56.74 |
| 19  | 周615-2 | 透闪金云大理岩     | 白云石—黑云母—透闪石—方解石       | 0.70  | 48.58 | 50.72 |
| 20  | 李老庄    | 白云大理岩       | 白云石—方解石—透闪石—金云母       | 0.49  | 49.51 | 50.00 |

注：1. 含量高的矿物放前面，依次降低；2. 岩石化学分析同表5

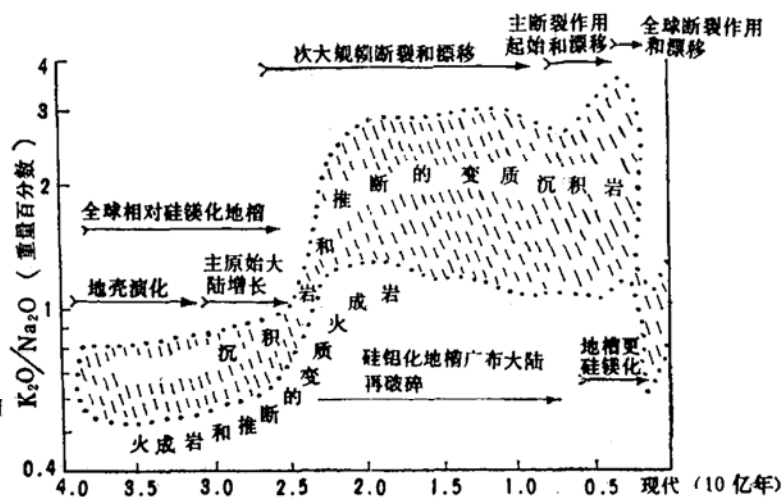


图 6 各岩类的岩石成因指数  $K_2O/Na_2O$  随地质时间的变化说明第一级序的地壳演化和全球构造 (据 Engel 等, 1974)

Fig.6 Variations in  $K_2O/Na_2O$  of various rocks indicating the first-order crustal evolution and global tectonics (after Engel et al., 1974)

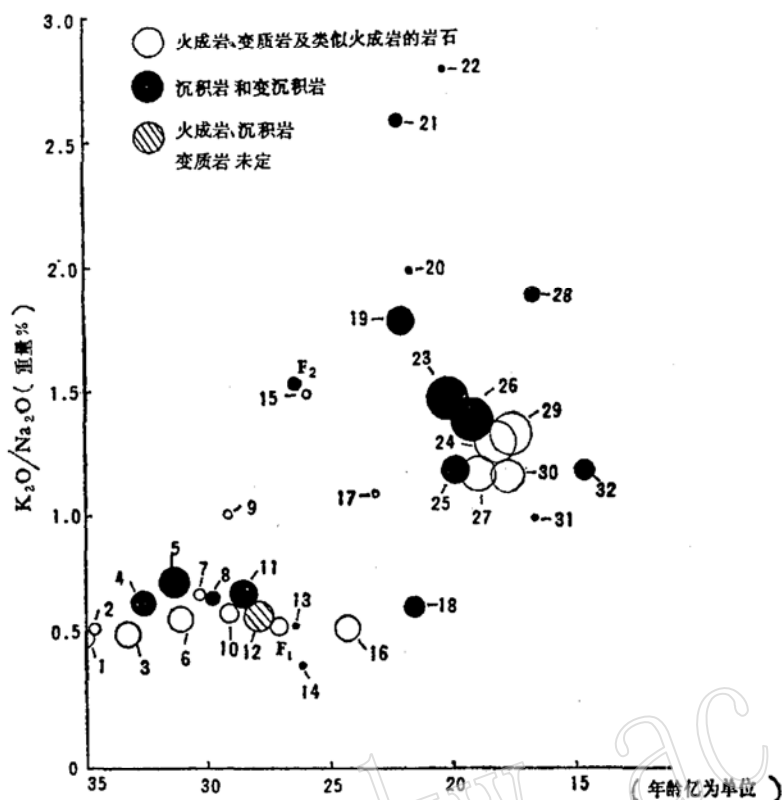


图7 世界部分地区太古代、元古代沉积岩、火成岩和未定岩类 $K_2O/Na_2O$ 重量平均比值 (据A.E.J. Engel等, 1974)

Fig.7 Approximations of weighted average ratios of  $K_2O/Na_2O$  for Huoqiu rocks compared with corresponding rocks of parts of the world (after A.E.J. Engel, et al., 1974)

F<sub>1</sub>, F<sub>2</sub>: Huoqiu group rocks

1-16—太古代 (>25亿年), 17-32—下元古代 (上达15亿年)。1—格陵兰, 2—明尼苏达河 (美国), 3-4、6-9—南非, 5、10—西澳大利亚, 8—美国西部, 11-12—苏必利尔省, 13-16—加拿大; F<sub>1</sub>—霍丘斜长角闪岩、变粒岩、片麻岩; F<sub>2</sub>—霍丘群片岩类。每个圆圈大小按岩类数量粗略估计。

表7 硫同位素测定结果

Table 7 S-isotopes in metamorphic rocks

| 样号  | 岩性       | $\delta^{34}S\%$ |
|-----|----------|------------------|
| 104 | 含榴十字黑云片岩 | 0.5              |
| 106 | 斜长角闪岩    | 0.5              |
| 184 | 铁闪片岩     | 1.1              |

测定者: 北京铀矿地质研究所四室

磁铁石英岩及其围岩,  $\delta^{34}S$  均为陨石硫型, 变化范围较小, 与霍丘相似。据福尔(1977)<sup>[6]</sup>论及南非巴伯顿山地斯威士兰系沉积成因的重晶石, 年龄30亿年以上,  $\delta^{34}S$  值为+3.4‰, 而同时期的硫化物,  $\delta^{34}S$  值为0.42‰, 认为是硫细菌把火山 $H_2S$ 氧化成硫酸盐的缘故。从霍丘变质岩中的 $\delta^{34}S$ 值说明, 原岩是在还原条件下, pH值和氧逸度比较低的条件

下形成, 是在具有比较大的硫酸盐储存体的

的海洋环境下沉积的, 且硫化物未发生过显著硫同位素分馏, 并且保留有火山作用成因硫同位素特征。同时岩石中 $Fe_2O_3/FeO$ 比值低 (约为0.30), 也可以说明原岩形成环境氧化作用程度低, 这与陆屑沉积作用是不同的。

① 杨凤筠, 1980, 鞍山地区前寒武纪硅铁建造硫同位素地质的初步研究, 天津冶金地质调查所所报 第一期。

## 讨 论

一、综上所述,霍丘变质岩的原岩,主要为硬砂岩、泥质长石砂岩夹中基性火山碎屑岩、铁硅质岩。由于岩石中缺乏成熟度高的石英砂岩和钾长石碎屑,说明碎屑不是来源于花岗片麻岩区,而是来自中基性火山岩。这些碎屑经搬运沉积形成沉积岩系,具有火山成因特征。沉积岩与直接来源于火山碎屑岩、火山岩互层产出,表明火山作用与沉积作用密切相关,故应属火山沉积岩系。

二、在全隐伏区恢复变质岩原岩难度较大。通过皖西地区的工作表明,在野外观察钻孔岩芯时,应注意利用岩石学和岩石地层学的方法,在室内结合镜下和重矿物资料综合考虑,对各类变质岩的化学成分,利用各种化学投影图,仍是一种重要的辅助手段。但在选用样品时,必须剔除后期地质作用叠加的影响。恢复变质岩原岩应当采用综合方法,才能收到较为合理的效果。

三、太古代地层赋存多种有用矿产,对太古宙地质的研究具有现实意义。由于太古宙的地质环境与元古宙以后是不同的,探索其成岩、成矿规律,是当前首要任务。地球化学、同位素地质学、微量元素的研究,将为揭示太古宙地质的奥秘,打开新的思路。我们的工作仅是一个开始。有关痕量元素地球化学研究将另文论述。

野外工作承安徽地矿局三三七地质队大力协助,文中引用我所专题组部分未公开资料。李锡之高级工程师审阅全文。在此一并致以谢意。

## 参 考 文 献

- [1] 方润章、姚光炎:1982,论霍丘群变质作用特征,中国地质科学院南京地质矿产研究所刊,第三卷第三号。
- [2] 沈福衣等:1982,皖西霍丘群地层层序与变质作用,西北大学学报。
- [3] 都城秋穗:1972,变质作用与变质作用带,地质出版社(1979年中译本,周云生译)。
- [4] 营俊龙、桑宝梁等,1984,皖西前寒武纪变质岩系地质年代学研究,地球化学,第2期。
- [5] Engel, A. E. J., Ltsom, S. P., Engel, C. G., and Stickney, D. M.: 1974, Crustal Evolution and Global Tectonics: A petrogenic view. Geol. soc. America Bull. Vol. 85, No. 6.
- [6] Fauc, F.: 1977, Principles of isotope geology.

## 图 版 说 明

- I-1. 石榴石(深黑色)包有晶屑状石英(白色)。草16。铁闪石榴片岩。正交偏光;视域长度1.55毫米。
- I-2. 斜长石碎屑。Rz73。黑云斜长变粒岩。正交偏光;视域长度3.90毫米。
- I-3. 自形长柱状与粒状半滚圆状磷灰石共生。Rz5。含钛斜长角闪岩。单偏光;视域长度0.38毫米。
- I-4. 斜长石具环带状消光。Rz174。斜长角闪岩。正交偏光;视域长度1毫米。
- I-5. 斜长石碎屑。Rz23。斜长角闪岩。正交偏光;视域长度1.55毫米。
- I-6. 碎屑状钛铁矿(灰白色)。Rz17。斜长角闪片岩。光片;放大140倍。(任思明提供)。
- I-7. 菱镁矿(暗黑色)包有残留白云石微晶(白色)。Rz292。菱镁矿大理岩。正交偏光;视域长度1.55毫米。
- I-8. 磁铁矿呈条纹状构造,石英包有尘点状磁铁矿。Dz64。磁铁石英岩。正交偏光;视域长度3.90毫米。

## Characteristics of the Metamorphic Rock Series of the Huoqiu Group in Western Anhui and its Protolith Nature

Chen Yuezhi

### Abstract

The late Archean Huoqiu Group metamorphic rock series is distributed on the southern margin of North China platform.

The lower part of this Group consists chiefly of interbedded plagioclase gneiss, leptite, and amphibolite. The upper part is composed mainly of interbedded and plagioclase schists and leptite intercalated with amphibolite and magnetite-quartzite, and upmost containing lenticular marble at its top.

These rocks had undergone metamorphism of the amphibolite facies.

The upper strata show rhythmic stratification and relicts of volcanic texture were found in the amphibolite and leptite.

Based on petrological, petrochemical and trace element studies the original rocks of this group are considered to belong to intermediate-basic volcano-sedimentary rocks.

