

# 冀东曹庄群早太古变基性 火山质斜长角闪岩的地球化学特征

中国科学院地质研究所

王凯怡 阎月华 翟明国

过去人们曾把变质程度最深的迁西群上川组作为冀东也是华北最老的地层。但近年来,多数同位素年龄的数据都表明,主要出露在太平寨和郭家沟等地的上川组麻粒岩其年龄为25亿年左右<sup>[8,11,15]</sup>。这样,冀东地区是否有老于30亿年的早太古岩石,就成为令人瞩目又尚待解决的问题了。

白益良等(1981)在迁安铁矿区范围内经过详细的填图将地层从老至新划分为曹庄群—松汀群—卢龙群。按他们原来的想法,曹庄群的层位可能与上川组相当,松汀群则与二屯营组相当,并包括马兰峪组的一部分。但是,新近得到的曹庄群变基性岩(斜长角闪岩)的Sm—Nd同位素年龄是 $35.15 \pm 1.15$ (2 $\sigma$ )亿年<sup>①</sup>。这样,冀东乃至华北地区的太古代地层就有重新划分的必要。

## 区域地质

根据冀东地区古老岩石最新同位素年龄资料,赵宗溥<sup>②</sup>建议,冀东地区太古代地层从老至新的顺序应为曹庄群—松汀群—迁西群。曹庄群变基性岩已获得35亿年的年龄。松汀群目前还未得到确切的年龄数据,但是,在迁安铁矿区范围内发育的紫苏花岗岩侵位于曹庄群和松汀群之中,其Rb—Sr全岩等时线年龄为26.5亿年<sup>③</sup>。由此推测,松汀群至少老于该年龄。迁西群(包括上川组,三屯营组和马兰峪组)用各种同位素定年方法得到的年龄都为25亿年左右。根据沈其韩等(1981)的资料,滦县群的年龄亦为25亿年左右。因此,迁西群和滦县群可视为同时异相的不同变质杂岩组合。

根据白益良(1981)的填图(图1),松汀群与曹庄群之间为断层接触。根据二十万分之一青龙幅地质图(1970)松汀群与迁西群之间为东西向断裂所分割。该断裂位于水厂北,大致与东西向滦河段吻合。

曹庄群主要出露在杏山铁矿和曹庄一带。松汀群主要分布在曹庄群以北,断裂以南。断裂以北太平寨等地分布着迁西群上川组的麻粒岩。

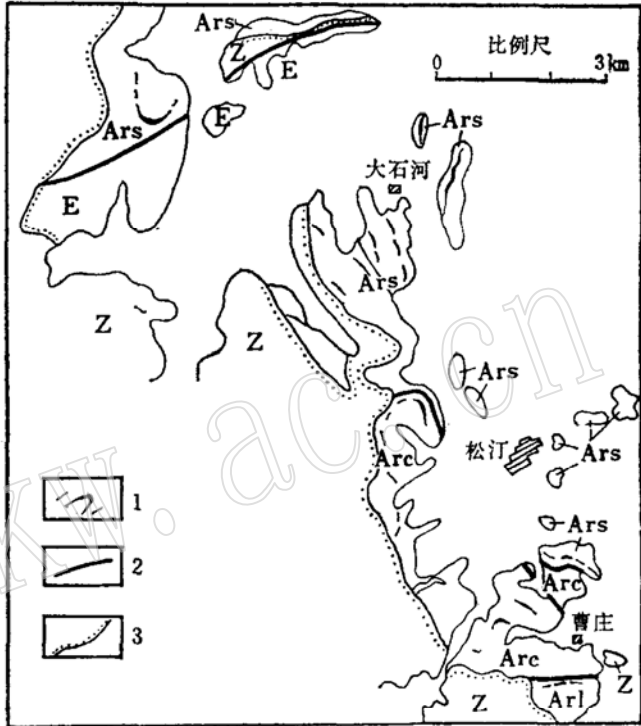


图1 迁安铁矿区地质略图

Fig 1. Geological sketch of Qianan iron mining area

1—第四系; 2—下第三系; 3—震旦亚界; 4—卢龙群; 5—松汀群; 6—曹庄群; 7—磁铁石英岩; 8—断层; 9—角度不整合(据白益良等, 1981)

曹庄群主要是一套基中性火山喷发岩, 碎屑石英岩, 富铝泥质岩和碳酸盐组合, 上部发育有条带状铁建造。基性火山岩已变质为斜长角闪岩, 多数不含紫苏辉石, 但有的薄片曾是紫苏辉石。斜长角闪岩中有时可见到辉石岩, 角闪石岩的透镜体。曹庄群遭受了多次变质作用和岩浆活动的影响, 在黄

① Jahn et al., : 1983, Supplementary Abstract for the Symposium "Precambrian Crustal Evolution"

② 1983年10月的一次公开谈话。

③ 王凯怡等, 1984, 迁安紫苏花岗岩的稀土地球化学, 地质科学(第3期)。

柏峪可以见到最早一期花岗闪长质岩的侵位, 形成较典型的条带状灰片麻岩, 稍晚有紫苏花岗岩的侵位, 最后还有富钾花岗岩的活动。

曹庄群斜长角闪岩的矿物组成, 角闪石 45—70%, 斜长石 (An 44 左右) 30—50%。次要矿物有透辉石, 黑云母, 碳酸盐, 磁铁矿, 少量磷石。

松汀群和迁西群为断裂所分割, 相距不远, 但年龄和地球化学特征很不相同, 变质作用的温压条件也有差异。迁西群上川组的麻粒岩以很高的 K/Rb 比值为特征 (往往可以大于 1000)<sup>[11]</sup>。松汀群麻粒岩的数据目前还不多, 但可以肯定其 K/Rb 比值完全不同于太平寨的麻粒岩, 而较接近于上部地壳的平均值 (230)<sup>[10]</sup>。太平寨等地麻粒岩的变质温压条件为  $850 \pm 60^\circ\text{C}$ , 11—13 千巴<sup>[9]</sup>, 水厂地区麻粒岩 (松汀群) 为  $845 \pm 60^\circ\text{C}$ , 8 千巴<sup>[4]</sup>。上述 K/Rb 比值和变质作用的温压条件表明, 虽然松汀群和迁西群现在的位置是并列的, 但它们曾处于不同的地壳深度。太平寨等地麻粒岩的种种表明它们曾经处于更深的地壳水平。苏格兰太古代变质杂岩也有类

似情况<sup>[17]</sup>。

### 分析方法

主要元素是由湿化学法获得的。

Cr、Ni、Sr、Ba 和 Zr 是由等离子光谱法测定的, 误差在 15% 以下。

稀土元素的部分数据, 以及 Th、U 和 Sc 是由中子活化分析得到的。La、Sm、Eu、Yb、Lu、Sc、U 和 Th 的误差估计为 10% 左右, Ce、Nd、Gd 和 Tb 的分析误差为 15% 左右。部分稀土数据 (包括 Y) 则是由下述方法得到的: 首先由离子萃取色谱分离为 La-Nd 和 Sm-Lu 两组, 再由电感耦合等离子光谱测定<sup>[8]</sup>。La-Eu 的分析误差 10% 以下, Gd-Lu 的分析误差不超过 20%。

### 主要元素化学

主要元素数据列于表 1。

曹庄群斜长角闪岩的  $\text{K}_2\text{O}$  含量为 1.07% (19 个样品的平均)。出露于水厂和太平寨地区的松汀群

表 1

曹庄群斜长角闪岩主要元素数据

Table 1

Chemical composition of plagi amphibolites from Chaozhuang group

| 样品号     | 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  | CaO   | MgO  | Na <sub>2</sub> O | K <sub>2</sub> O | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | H <sub>2</sub> O |
|---------|------------------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|-------|------|-------|------|-------------------|------------------|-------------------------------|------------------|
| yu-4    | 49.84            | 0.96             | 14.56                          | 5.02                           | 7.24  | 0.25 | 9.89  | 6.42 | 3.30              | 1.13             | 0.11                          | 1.01             |
| yu-5    | 49.38            | 0.86             | 14.90                          | 5.38                           | 6.84  | 0.25 | 10.02 | 6.69 | 3.29              | 1.24             | 0.15                          | 1.07             |
| AH-1    | 50.31            | 1.14             | 14.52                          | 4.33                           | 8.79  | 0.25 | 9.47  | 6.05 | 2.25              | 0.85             | 0.15                          | 0.91             |
| AH-2    | 49.86            | 0.63             | 14.51                          | 4.47                           | 7.56  | 0.26 | 9.75  | 7.53 | 3.05              | 1.15             | 0.06                          | 0.89             |
| AH-3    | 49.65            | 0.90             | 14.70                          | 4.95                           | 8.64  | 0.24 | 9.89  | 5.80 | 3.12              | 1.08             | 0.15                          | 1.18             |
| AH-4(1) | 50.68            | 1.17             | 14.51                          | 4.16                           | 9.14  | 0.25 | 9.34  | 5.86 | 2.41              | 1.07             | 0.14                          | 1.15             |
| AH-9    | 50.63            | 0.64             | 13.92                          | 5.06                           | 6.51  | 0.23 | 9.47  | 7.90 | 2.36              | 1.30             | 0.09                          | 1.07             |
| AH-10   | 50.39            | 0.38             | 15.29                          | 2.63                           | 5.32  | 0.19 | 9.75  | 9.95 | 2.90              | 1.28             | 0.05                          | 2.05             |
| AH-11   | 51.44            | 0.41             | 16.42                          | 3.15                           | 5.55  | 0.20 | 8.65  | 7.62 | 3.35              | 1.14             | 0.07                          | 2.03             |
| AN-7    | 48.89            | 0.86             | 14.01                          | 3.84                           | 10.42 | 0.25 | 9.75  | 5.76 | 3.16              | 1.15             | 0.09                          | 1.26             |
| AB-1    | 50.02            | 1.05             | 15.37                          | 2.93                           | 10.55 | 0.24 | 10.15 | 5.87 | 2.80              | 0.65             | 0.14                          | 0.12             |
| AB-3    | 49.96            | 0.78             | 15.59                          | 2.93                           | 8.39  | 0.23 | 10.32 | 6.93 | 2.60              | 1.05             | 0.05                          | 0.86             |
| AB-4    | 46.55            | 0.84             | 14.77                          | 3.31                           | 9.94  | 0.23 | 11.16 | 7.62 | 2.75              | 1.05             | 0.21                          | 0.81             |
| AB-5    | 49.09            | 1.00             | 14.23                          | 4.01                           | 9.04  | 0.22 | 10.88 | 6.43 | 2.85              | 0.70             | 0.86                          | 0.62             |
| AXn-1   | 54.27            | 0.92             | 9.70                           | 2.28                           | 10.72 | 0.23 | 9.76  | 8.02 | 0.95              | 1.55             | 0.81                          | 0.93             |
| A-91    | 49.02            | 1.06             | 13.99                          | 3.74                           | 9.67  | 0.23 | 9.57  | 6.67 | 3.37              | 1.04             | 0.11                          | 0.85             |
| A-93    | 48.63            | 0.96             | 15.35                          | 1.60                           | 10.57 | 0.21 | 9.30  | 6.50 | 3.29              | 1.08             | 0.08                          | 1.64             |
| A-97    | 49.50            | 0.41             | 15.31                          | 1.65                           | 8.68  | 0.19 | 10.25 | 8.03 | 1.78              | 1.10             | 0.06                          | 1.38             |
| N-N-2   | 49.87            | 0.88             | 14.38                          | 3.92                           | 8.19  | 0.17 | 10.12 | 6.57 | 3.01              | 0.85             | 0.09                          | 1.39             |

表 2 稀土和微量元素数据(ppm)

Table 2 Data of REE and minor elements (ppm)

| 元素<br>样号 | La   | Ce   | Nd   | Sm   | Eu   | Gd  | Tb   | Dy   | Ho   | Er  | Tu   | yb   | Lu   | Y    | Cr  | Ni  | Sr  | Ba  | Zr  | Sc   | u   | Th  |
|----------|------|------|------|------|------|-----|------|------|------|-----|------|------|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|
| yu-4     | 24   | 45   | 21.5 | 4.5  | 1.08 | 3.9 | 0.6  | 4.0  |      | 2.8 | 0.4  | 2.3  | 0.4  | 22.3 | 290 | 140 | 210 | 130 | 100 |      |     |     |
| yu-5     | 5.3  | 11.7 | 7.5  | 2.0  | 0.87 | 3.1 | 0.57 | 3.6  |      |     | 0.35 | 2.0  | 0.33 | 17.1 | 310 | 170 | 160 | 170 | 110 |      |     |     |
| AH-1     | 6.6  | 17.6 | 9.94 | 2.85 | 1.0  |     | 0.62 |      |      |     |      | 2.2  | 0.3  | 24   | 200 | 160 | 140 | 110 | 140 | 37.3 | 5.9 | 2.1 |
| AH-3     | 14.3 | 22.8 | 12.0 | 3.5  | 1.2  | 4.4 | 0.7  | 4.7  | 1.1  |     | 0.42 | 2.5  | 0.42 | 23.8 |     |     |     |     |     |      |     |     |
| AH-4(1)  | 7    | 18   | 9.5  | 2.5  | 0.92 |     | 0.45 |      |      |     |      | 2.8  | 0.22 | 32   | 140 | 130 | 180 | 110 | 160 | 33.0 | 2.2 | 2.7 |
| AN-7     | 7.2  | 15   | 9    | 2.4  | 0.80 |     | 0.98 |      |      |     |      | 1.9  | 0.35 |      | 370 | 380 | 280 | 160 | 87  | 34.2 | 1.7 | 0.5 |
| AB-4     | 4.5  | 9.8  | 6.1  | 2.1  | 0.8  | 3.0 | 0.52 | 3.5  | 0.78 | 2.3 |      | 2.0  | 0.31 | 20   |     |     |     |     |     |      |     |     |
| AB-5     | 4.3  | 9.4  | 5.4  | 1.4  | 0.42 | 1.7 |      | 1.82 |      | 1.2 |      | 1.14 | 0.17 | 9.9  |     |     |     |     |     |      |     |     |

和迁西群的基性麻粒岩的 $K_2O$ 含量分别是0.73%<sup>①</sup> (10个样品的平均值)和0.77%<sup>②</sup> (14个样品的平均值)。曹庄群斜长角闪岩的矿物成分中含少量碳酸盐矿物,这说明它们可能受到海水蚀变,钾的含量因此而有变化(主要是增加)。在麻粒岩相变质过程中,由于流体相的交代作用,钾则有不同程度的丢失。曹庄群斜长角闪岩的钾含量与松汀群和迁西群的基性麻粒岩比较相差不很悬殊,仅略偏高而已。考虑到前者钾有加入,后者有丢失,那么它们原岩的钾含量可能是相近的。粗略地取其平均值得 $K_2O$ 含量为0.9%。该值或许可以代表这些变基性岩原岩的钾含量。

Lewis和Spooner (1973)曾表明,Rb和K等元素的亏损在酸性麻粒岩中比基性麻粒岩要显著得多。因此我们认为,虽然太古代变基性岩经历过复杂的变质历史,但钾含量在某种程度上仍可反映原岩的特点。基于这点,下面的讨论才有意义。

太古代变基性岩的钾含量变化很大,但从大量的分析数据中仍可归纳出两大类型:1)低钾的变拉斑玄武岩, $K_2O$ 含量为0.22—0.28%<sup>(9,12)</sup>。该类玄武岩主要产于太古代绿岩带,它们的轻稀土相对于重稀土是亏损的,类似于现代洋脊型玄武岩<sup>(19)</sup>,因而也称亏损型拉斑玄武岩<sup>(9)</sup>。2)含钾较高的变基性岩, $K_2O$ 含量为0.6—0.9%<sup>(9,21,22,23)</sup>。多产于高级片麻岩-麻粒岩区,为层状侵入体,古岩墙和表壳岩型的变火山岩。在绿岩带也有少量产出。该类岩石的轻稀土通常是相对富集的,类似于现代大陆玄武岩。曹庄群并松汀群和迁西群的变基性岩,无疑相似于后者。因此,冀东地区变基性岩有含钾较高的趋势。孙大中和吴昌华(1981)已注意到,华北各区太古代岩石与国外相比,普遍有含钾高的趋

势。

在 $Na_2O+K_2O-FeO(全)-MgO(AFM)$ 三角图上(图2),曹庄群斜长角闪岩主要具有钙碱性趋势(B),有部分点位于拉斑玄武岩趋势(A)和钙碱性趋势(B)交界附近。江博明和张宗清(1984)的资料表明,冀东地区火成来源的麻粒岩大都落在AFM图上的钙碱性区。将冀东地区属于太古代的85个火成岩岩石化学数据(部分资料来源于孙大中和吴昌华,1981以及王仁民等,1980)标绘于AFM三角图上(图3)可见,它们具有钙碱性趋势和拉斑玄武岩-镁绿岩趋势。但是,与南非和西澳大利亚典型

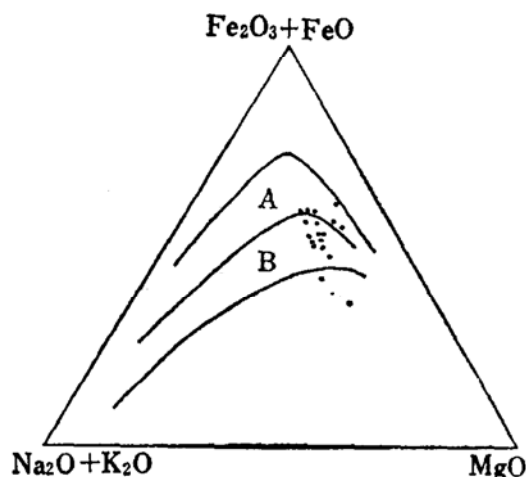


图 2 曹庄群斜长角闪岩AFM图

Fig 2 AFM diagram for Plagioclase amphibolites from Chaozhuang group

A—拉斑玄武岩系列; B—钙碱性系列

① 温建林, 1983, 迁安铁矿变质岩原岩建造特征(未出版)。

② 王凯怡, 1983未出版资料。

的太古代绿岩比较, 镁绿岩趋势发育较差。江博明和张宗清认为, 虽然冀东地区存在超镁铁质岩, 但缺少出现镁绿岩系列的必要岩石组合, 因此根据目前的资料尚不能确认有镁绿岩。

曹庄群斜长角闪岩的M值( $100Mg/Mg + Fe^{2+}$ 以离子数为单位, 并令 $Fe_2O_3 = 0.15FeO$ 统一标准化)为47—66, 平均值52.9, 这与太古代变拉斑玄武岩的平均值53.1十分接近, 而与洋中脊玄武岩的平均M值62.2相差很远。在M值相对于 $TiO_2(\%)$ 的图解

上(图4), 曹庄群斜长角闪岩的点几乎都落在太古代变拉斑玄武岩区。

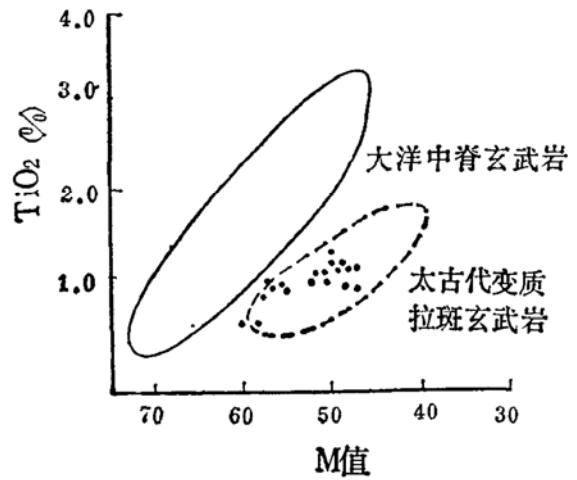


图 4 曹庄群斜长角闪岩M值相对于  $TiO_2(\%)$  图  
Fig 4 Value M versus  $TiO_2(\%)$  for plagioclase amphibolites from Chaozhuang group

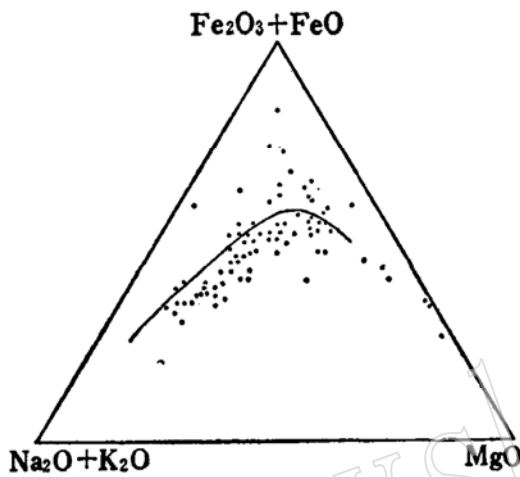


图 3 冀东太古代变质杂岩的AFM图

Fig 3 AFM diagram for archaean metacomplex in eastern Hebei province  
曲线上部为拉斑玄武岩系列, 下部为钙碱系列

### 稀土元素化学

稀土元素和微量元素数据列于表 2。稀土球粒陨石标准化分布型式见图 5。为便于比较同时绘出太平寨等地基性麻粒岩的稀土型式(图 5 D)。

曹庄群斜长角闪岩轻重稀土分离程度不高。多数样品稍富轻稀土, 少数样品有接近平坦的稀土型式。 $(Ce/Yb)_N$ 比值从1.1到1.4。通常, 稀土含量增

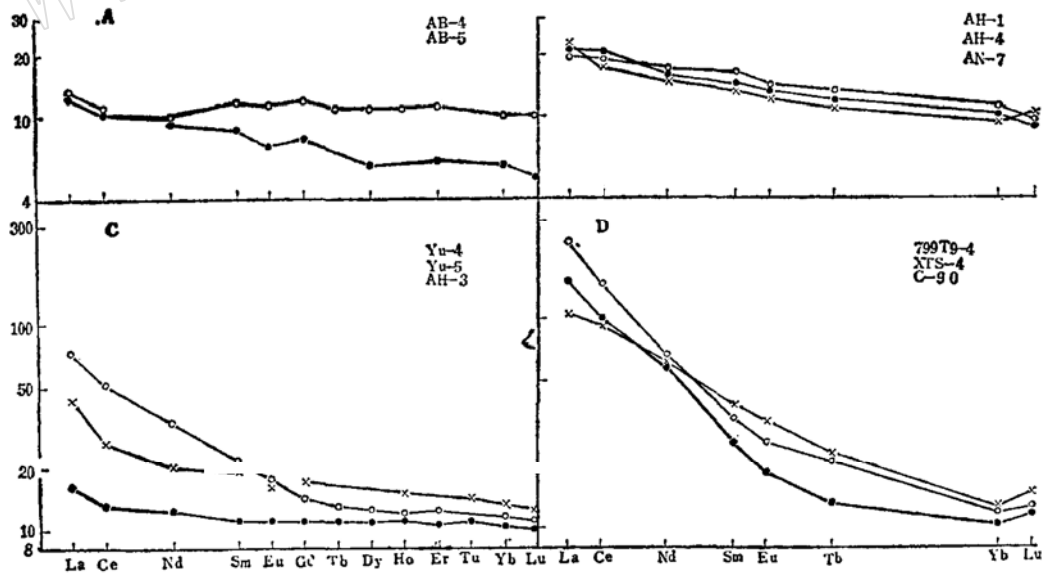


图 5 曹庄群斜长角闪岩(A、B、C)和太平寨等地基性麻粒岩(D)的稀土分布型式

Fig 5 REE patterns for plagioclase amphibolites(A, B, C) from Chaozhuang group and basic granulite (D) from Taipingzhai et al.

高,  $(Ce/Yb)_N$  比值增大。这是因为稀土含量增高主要是轻稀土有较大增长 ( $Ce_N: 11-51$ ), 重稀土则变化较小 ( $Yb_N: 11-14$ )。太平寨等地基性麻粒岩也多相对富轻稀土<sup>[2,11]</sup>, 还出现有轻稀土富集更高,  $(Ce/Yb)_N$  比值相应也高, 类似于碱性玄武岩的稀土型式(见本文图5D的太平寨基性麻粒岩799 T<sub>6-1</sub>)。

如前所述, 太古代变基性岩根据钾含量的高低大致可分为两种类型, 它们的稀土成分也各有差异。众所周知, 稀土元素在变质过程中是不活动或较少活动的。因此, 借助稀土元素识别变质原岩已成为十分可靠的依据。曹庄群斜长角闪岩的稀土型式不同于太古代绿岩中最发育的亏损型低钾拉斑玄武岩。根据已获得的资料, 太古代高级片麻岩—麻粒岩区的变基性岩则往往具有轻稀土富集的型式而相似于大陆玄武岩。例如苏格兰刘易星的基性片麻岩<sup>[22]</sup>, 印度马德拉斯基性麻粒岩<sup>[21]</sup>和西格格兰依苏阿表壳斜长角闪岩<sup>[19]</sup>。太古代绿岩带中发育较少含钾较高的玄武岩通常也具有轻稀土富集的特点, Condie(1981)认为它们类似于钙碱系列玄武岩。曹庄群变基性岩的稀土成分即具有这种大陆玄武岩或钙碱系列玄武岩的特征。

曹庄群斜长角闪岩的M值与太古代变拉斑玄武岩的M值十分接近。其M值的变化与稀土型式之间没有简单的相关关系。这说明它们不像是从同一岩浆源经分异作用而衍生。由于平衡部分熔融不会产生MgO含量的很大变化, 针对曹庄群斜长角闪岩MgO含量变化不大的情况, 它们更像是地幔原岩经过不同程度部分熔融得到的。在每一批岩浆中残留相的成分是不完全相同的。根据Green和Ringwood(1967)的实验研究<sup>[10]</sup>, 地幔岩分熔达20%时, 最有可能的残留相是橄榄石(70—80%) + 斜方辉石(20%) + 尖晶石(1%) ± 单斜辉石。在残留相中如果不包括单斜辉石, 由于橄榄石和斜方辉石对所有稀土元素的矿物/熔体分配系数都大大的小于1, 因此得到的稀土型式应该平行于来源区。如果在残留相中包括了单斜辉石, 由于单斜辉石对重稀土的矿物/熔体分配系数大于对轻稀土的, 因此将使熔体得到稍富轻稀土的稀土型式。曹庄群斜长角闪岩稀土型式的变化, 估计与残留相中矿物成分的变化有关。稀土型式接近平坦者, 其残留相中推测主要是橄榄石和斜方辉石。轻稀土稍有富集的, 推测在残留相中除橄榄石斜方辉石外还有单斜辉石。因此曹庄群变基性岩稀土型式的变化与残留相中单斜辉

石的存在与否有关。稀土型式与残留相矿物成分的关系表明, 稀土型式接近平坦者, 其稀土成分可能是平行于地幔来源区的, 仅绝对丰度平行增高而已。这也说明, 地幔来源区的稀土型式可能是接近平坦的。

## 小 结

近年来不少研究者注意到太右代绿岩带是在一个拉张的构造环境下形成的, 而其相邻的高级片麻岩—麻粒岩区由于垫板作用则造成一个压缩增厚的构造环境<sup>[14,20]</sup>。由于构造型式, 岩浆活动, 变质程度和岩石组合方面都表现出差异。就基性岩浆活动而言, 绿岩带通常有巨厚的拉斑玄武岩—镁绿岩发育, 亏损型的低钾拉斑玄武岩占主导地位。高级片麻岩—麻粒岩区也有变基性火山岩和层状基性侵入体发育, 但厚度相对要小, 超镁铁质岩发育较差, 常成透镜状夹在变基性岩之中。这种变基性岩(甚至包括部分超镁铁质岩)通常具有轻稀土富集的稀土型式, Cr含量偏低。这些特征相似于钙碱系列的玄武岩或大陆玄武岩。这可能与它们生成时已有一个相对较厚的地壳有关。虽然利用岩石化学判断构造环境, 并非经常可靠。但在这两种构造背景下发育的基性岩, 普遍在主元素与稀土成分上表现出显著差别, 这不能不引起足够的重视。

曹庄群变基性岩的特征可以归纳如下:

1. 主元素以含较高的碱金属为特征, 在AFM三角图上, 主要落入钙碱性系列的范围。
2. 稀土分布型式不同于太古代绿岩的亏损型拉斑玄武岩, 而相似于高级片麻岩—麻粒岩地体中稍富轻稀土的变基性岩。

这说明曹庄群变基性岩发育于陆壳之上或生成于一个压缩增厚的构造环境。

本文曾经赵宗溥先生审阅并提出修改意见。野外工作期间得到白益良老师的大力帮助。在此一并表示衷心的感谢。

## 参 考 文 献

- [1] 白益良、李志忠、顾德林: 1980, 从冀东迁安地区的变质构造看古褶皱, 地质研究, No.3, 68—90页
- [2] 王凯怡: 1982, 河北迁西太平寨古老岩石的稀土元素含量及其大地构造含义, 地质科学, No.2, 144—151页
- [3] 张儒璠、从柏林、应育浦: 1982, 冀东太平寨地区麻粒岩及有关岩石的辉石研究, 地质科学,

No.2, 134—143页

[4] 王任民, 陈珍珍: 1982, 迁安地区早太古代变质温压条件探讨, 岩矿测试, No.4, 6—10页

[5] 王任民、陈珍珍、吴国忠和田诚: 1980, 早太古迁西群的二次变质和水厂式铁矿, 地质研究, No.3, 26—44页

[6] 伊丽莹、王德恭、胡仁桥和张凤秋: 1984, 岩石中十五个稀土元素的分离和测定, 中国科学, No.2, 175—184

[7] 沈其韩、张宗清、夏明仙、王雪英和鲁锦英: 1981, 河北滦县司家营晚太古舍铁岩系的Rb—Sr年龄测定, 地质论评27:207—212页

[8] Compston, W., Zhong, F. D., Foster, J. J., Collerson, K. D., Bai, J., and Sun, D. C.: 1983, Rubidium-Strontium Geochronology of Precambrian Rocks from the Yenshan Region, North China, Precambrian Research, 22:175-202

[9] Condie, K. C.: 1981, Archaean greenschist belts. Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam-Oxford-New York.

[10] Green, D. H. & Ringwood, A. E.: 1967, Experimental Investigation of the Gabbro to Eclogite Transformation and Its Petrological Applications, Geochim. Cosmochim. Acta, 31:767-833.

[11] Jahn, B. M. & Zhang, Z. Q.: 1984, Archaean granulite gneisses from eastern Hebei Province, China: Rare earth geochemistry and tectonic implications. Contrib Mineral Petrol (in press).

[12] Jahn, B. M. & Sun, S. S.: 1979, Trace element distribution and isotopic composition of Archaean greenstones. In: Origin and Distribution of the elements, 2nd Symposium, Ahrens L H (ed). Pergamon Press, Oxford: 597-618.

[13] Lewis, J. D. & Spooner, C. M.: 1973, K/Rb ratios in Precambrian granulite terrains, Geochim. Cosmochim. Acta 37:11-18.

[14] Park, R. G. & Keele, U. K.: 1982, Archaean Tectonics, Geologische Rundschau, Band 71.

[15] Pidgeon, R. T.: 1980, 2480 Ma old zircons from granulite facies rocks from east Hebei Province, North China. Geol Rev 26:198-207.

[16] Shaw, D. M.: 1968, A review of K-Rb fractionation trend by covariance analysis. Geochim Cosmochim Acta 32:573-602.

[17] Sheraton, J. W., Skinner, A. C. and Tarney, J.: 1973, The geochemistry of the Scourian gneisses of the Assynt district. In: The Early Precambrian of Scotland and related rocks of Greenland. Edited by Park RG and Tarney J. University of Keele, 13-30.

[18] Sun, D. Z. & Wu, C. H.: 1981, The principal geological and geochemical characteristics of the Archaean greenstone gneiss sequence in North China. Spec Publ geol Soc Aust 7:121-132.

[19] Sun, S. S. & Nesbitt, R. W.: 1978, Petrogenesis of Archaean ultrabasic and basic volcanics: evidence from rare earth elements, Contrib. Mineral. Petrol. 65:301-325.

[20] Sun, S. S.: 1984, Geochemical characteristics of Archaean ultramafic and mafic volcanic rocks: implications for mantle composition and evolution, In: Archaean Geochemistry, edited by G. Hanson, A. Goodwin and A. Kroner, 1983, Springer Verlag, Berlin, New-York.

[21] Weaver, B. L.: 1980, Rare earth element geochemistry of Madras granulites, Contrib. Mineral. Petrol. 71:271-279.

[22] Weaver, B. L. & Tarney, J.: 1980, Rare earth geochemistry of dewisian granulite-facies gneisses, northwest Scotland: implication for the petrogenesis of the Archaean Lower continental crust, Earth. Planet. Sci. Lett. 51:279-296.

[23] Weaver, B. L. & Tarney, J.: 1981, The Scouric Dyke Suite. Petrogenesis and Geochemical Nature of the Proterozoic sub-continental mantle, Contrib. Mineral. Petrol. 78:175-188.

## Geochemistry of Early Archaean Glagio Amphibolites in Chaozhuang Group from Eastern Hebei Province

Wang Kaiyi, Yan Yuehua, Zhai Minguo

### Abstract

Available data for plagio-amphibolites in Chaozhuang Group from eastern Hebei Province are examined. All these rocks occur in layer intercalated either with metasediments or with gneisses. In AFM diagram the plagio amphibolites mainly belong to calc-alkaline series and showed a higher content of potassium. All rare-earth elements patterns are fractionated with slight enrichment in light rare-earth elements,  $(Ce/Yb)_n$  ratios range from 1.1 to 4.4. The rare-earth elements patterns observed here are quite similar to those of calc-alkaline basalts and continental basalts. These imply that the occurrence of plagio amphibolite from Chaozhuang Group may be related to underplating beneath the Archaean continental crust.

(上接第10页)

## A Study on the Middle Proterozoic Pillow Lavas in Yuanqu, Shanxi

Zhang Dequan, Qiao Xiufu, Zhou Kezi

### Abstract

The Middle Proterozoic pillow lavas distributing over Yuanqu, South-eastern Shanxi province, are composed of basalt-andesites and andesites, which have undergone, more or less, alkalifeldspathization, sericitization and chloritization. The variation in composition from core to margin of the pillows, and to the groundmass was examined by chemical methods. At the core the  $Na_2O$  content is the highest but it gradually decreases towards the margin; The  $MgO$  content in the pillows is lower than that in the groundmass. It was located that the Luliang-West Henan rift valley appeared as a shallow sea, while the lava flows emplaced. Two models of formation on the individual pillows can be recognized. The quenching temperature of the pillows is about  $950^{\circ}C$ .