

丹凤群的岩石组合特征及其构造意义

殷 勇 高长林

(地矿部石油地质中心实验室, 无锡)

本文通过岩石组合和岩石地球化学特征, 研究东秦岭丹凤群火山岩的大地构造环境。丹凤群由火山熔岩、火山碎屑岩和变质砂岩组成。火山熔岩是以玄武岩、安山岩为主的玄武岩-安山岩-英安岩-流纹岩组合, 根据Peacock指数把它归入钙碱质火山岩系; 其稀土总量含量高, 轻稀土富集, Ce明显亏损, 具大陆壳性质, 属岛弧型火山岩。处在火山岛弧构造环境的丹凤群分布区, 是刘岭群不成熟杂砂岩的物源区。

一、地质概况

丹凤群火山岩分布于陕西凤县至商南一带北秦岭南缘, 其北面出露太古界一中元古界秦岭群, 南面有中、上泥盆统刘岭群砂岩分布, 在商南松树沟一带有超基性岩体零星分布。陕西区调队于1984年将分布于上述地区的地层命名为丹凤群, 是一套以基性火山岩为主的蛇绿岩套, 将它的时代定为奥陶-志留纪。

张维吉^①认为早古生代丹凤群的形成与发展、演化过程中有过海槽的拉张和闭合, 形成类蛇绿岩组合, 构造晚期出现“再生洋壳”的向下俯冲, 并造成类混杂堆积和似双变质带。张拴厚、李海平^②也认为丹凤群具有蛇绿岩建造, 且出露较典型的双变质带。张国伟(1987)认为丹凤群具蛇绿岩性质, 主要是岛弧-边缘海型蛇绿岩, 有些也与岛弧环境的火山作用相联系。

然而, 研究表明丹凤群火山岩并不具有洋壳性质, 而具大陆壳性质, 属于典型的岛弧火山岩。本区是否存在上述提到的具洋壳性质的蛇绿岩套呢? 回答是存在的, 商南松树沟超基性岩体就代表这种性质的蛇绿岩套。但是它们是两种截然不同的东西, 如果混淆起来就会造成环境判别的混乱。

本文是从丹凤群火山岩的岩石学特征、沉积旋回、原岩建造和地球化学特征方面着手开展工作的。另外, 通过对刘岭群砂岩的物源分析以及与丹凤群火山岩的时空关系, 进一步确定下古生界北秦岭地区存在一个火山岛弧。重点研究地区是丹凤县的资峪沟、月二、麻池、北塘村、郭家沟和桃花铺等地。

^①张维吉, 北秦岭地质演化基本特征, 秦岭区测, 1984年, 2期。

^②张拴厚、李海平, 北秦岭南缘丹凤群与板块构造关系的讨论, 秦岭区测, 1985年, 1期。

二、丹凤群火山岩的岩石学特征

1. 岩石组合与沉积特征

剖面位于丹凤县的资峪沟(图1), 出露的丹凤群厚3182.3m, 有些地段地层出露欠佳, 由北向南描述如下:

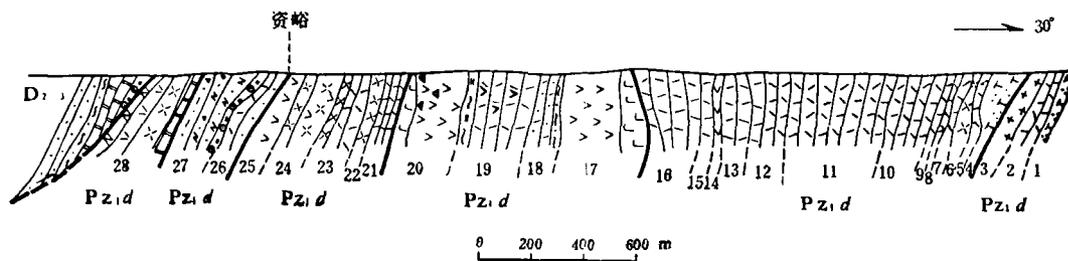


图1 丹凤县资峪丹凤群火山岩剖面

1.长英质岩脉; 2.基性凝灰岩; 3.混合岩化花岗岩; 4.长英质岩脉; 5.基性凝灰岩; 6.流纹岩; 7.基性凝灰岩; 8.斜长角闪岩; 9.基性凝灰岩; 10.基性凝灰岩夹酸性凝灰岩; 11.基性凝灰岩与酸性凝灰岩互层; 12.基性凝灰岩夹少量酸性凝灰岩; 13.基性凝灰岩; 14.斜长角闪岩; 15.中、基性凝灰岩; 16.基性凝灰岩; 17.安山岩、玄武岩; 18.绢云母石英片岩、中性凝灰岩和砂质凝灰岩; 19.安山质凝灰岩; 20.玄武岩、安山岩和火山角砾岩; 21.砂质凝灰岩、中性凝灰岩; 22.流纹岩、安山岩和火山角砾岩; 23.中、酸性凝灰岩和英安流纹岩; 24.英安流纹岩、流纹岩和安山岩; 25.英安岩、变安山岩和变质砂岩; 26.棕色粉砂岩和酸性凝灰岩; 27.岩屑石英砂岩夹酸性凝灰岩; 28.英安岩、流纹岩和大理岩。

片麻岩、花岗岩

断 层

丹凤群(O-S)

| | |
|---------------------------|--------|
| 1.长英质岩脉。 | 38.8m |
| 2.基性凝灰岩为主夹少量酸性凝灰岩。 | 62.3m |
| 3.混合岩化花岗岩。 | 77.8m |
| 4.长英质岩脉。 | 97.8m |
| 5.基性凝灰岩, 含辉石、石榴子石。 | 16.6m |
| 6.流纹岩。 | 23.2m |
| 7.基性凝灰岩夹中、酸性凝灰岩。 | 44.2m |
| 8.斜长角闪岩。 | 15.3m |
| 9.基性凝灰岩夹有中性凝灰岩、薄层变质凝灰质砂岩。 | 16.8m |
| 10.基性凝灰岩夹酸性凝灰岩。 | 204.8m |
| 11.基性凝灰岩与酸性凝灰岩互层。 | 421.9m |
| 12.基性凝灰岩夹少量酸性凝灰岩。 | 159.7m |
| 13.基性凝灰岩。 | 84.3m |
| 14.斜长角闪岩。 | 26.7m |

| | |
|---|--------|
| 15. 以中、基性凝灰岩为主夹有薄层酸性凝灰岩、变质细砂岩及粉砂岩。 | 110.8m |
| 16. 基性凝灰岩夹酸性凝灰岩、凝灰岩以及少量火山角砾岩、变质砂岩、安山岩、绿泥片岩和闪长玢岩。 | 238.3m |
| 17. 安山岩、玄武岩。 | 198.9m |
| 18. 绢云母石英片岩、中性凝灰岩和变质凝灰质砂岩夹少量安山岩。 | 80.6m |
| 19. 安山质凝灰岩、绢云母绿泥片岩夹少量安山岩、变质凝灰质砂岩。 | 268.2m |
| 20. 主要由玄武岩、安山岩组成，夹有安山质火山角砾岩、基性凝灰岩、酸性凝灰岩和绢云母石英片岩。 | 169.9m |
| 21. 下部以中性凝灰岩为主夹火山角砾岩、凝灰岩，中部以砂质凝灰岩为主夹凝灰质砂岩，上部为基性凝灰岩夹酸性凝灰岩、粉细砂岩和含火山角砾凝灰岩。 | 90.6m |
| 22. 由火山角砾岩、安山岩和流纹岩组成夹薄层凝灰岩、玄武岩和英安岩。 | 43.8m |
| 23. 酸性凝灰岩、中性凝灰岩、英安流纹岩和斜长角闪岩。 | 90.9m |
| 24. 英安流纹岩、流纹岩、安山岩和中性凝灰岩夹英安岩、斜长角闪岩和含辉石凝灰质石英砂岩。 | 158.0m |
| 25. 变质砂岩、残斑变岩、酸性凝灰岩和英安岩夹有绿泥片岩、绿帘石化英安岩、斜长角闪岩和碎裂花岗岩闪长岩。 | 57.6m |
| 26. 棕色粉砂岩、酸性凝灰岩和英安岩。 | 75.0m |
| 27. 岩屑石英砂岩、岩屑长石砂岩、长石砂岩、绢云母石英片岩夹酸性凝灰岩。 | 205.0m |
| 28. 英安岩、流纹岩、泥质岩和大理岩夹长石砂岩、酸性凝灰岩。 | 104.6m |

断 层

刘岭群砂岩 (D₂₋₃)

丹凤群火山岩从北往南可分成四段。

一段 (1—16)：

以基性凝灰岩为主夹有酸性凝灰岩、少量凝灰岩、变质砂岩、绿泥片岩、斜长角闪岩和闪长玢岩，熔岩为少量安山岩、流纹岩。

二段 (17—20)：

以安山质凝灰岩为主夹有少量绢云母石英片岩、绢云母绿泥片岩、安山质火山角砾岩和变质凝灰质砂岩，熔岩以玄武岩和安山岩为主。

三段 (21—25)：

以中性和酸性凝灰岩为主夹少量火山角砾岩、凝灰岩、凝灰质砂岩、变质粉细砂岩和斜长角闪岩。熔岩主要为英安流纹岩、流纹岩以及少量安山岩和英安岩。

四段 (26—28)：

以岩屑石英砂岩、岩屑长石砂岩、长石石英砂岩、长石砂岩和绢云母石英片岩为主夹薄层酸性凝灰岩、泥灰岩和大理岩。熔岩为英安岩和流纹岩。

丹凤群火山岩系主要由熔岩、火山碎屑岩和沉积岩组成。熔岩主要有玄武岩和安山岩，火山碎屑岩包括基性凝灰岩、安山质凝灰岩，少量酸性凝灰岩和火山角砾岩。沉积岩包括两类，一类是正常沉积砂岩，另一类是沉积岩与火山碎屑岩之间的过渡类型砂岩。整个丹凤群火山岩由北往南构成一个巨型喷发旋回，熔岩喷发序列：玄武岩→安山岩→英安岩→英安流纹岩→流纹岩，火山碎屑岩的演化序列：基性凝灰岩→安山质凝灰岩和火山角砾岩→酸性凝灰岩，再过渡为变质砂岩→大理岩化灰岩。丹凤群火山岩以基

性和中性火山岩为主。整个巨型喷发旋回是由许多厚度不等的小旋回组成的(图2),小旋回的喷发形式是多种多样的,可以先发育厚层的基性凝灰岩,接着是中厚层的安山质凝灰岩,然后是薄层酸性凝灰岩,顶部有时可以发育极薄层的沉积砂岩(图2A);也可以上下都发育火山碎屑岩,中间夹有一大套的熔岩(图2B);或者是基性凝灰岩细条带(宽1cm左右)夹酸性凝灰岩细纹层(图2C),这种韵律层在剖面北部比较发育,有时在150m多米长的露头上都是这种韵律层。

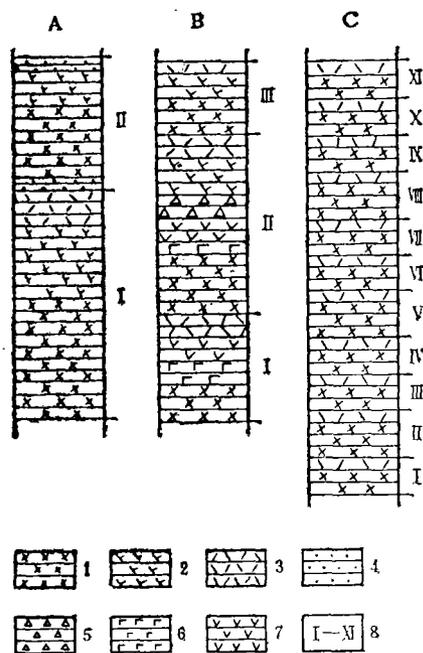


图2 丹凤群火山岩的喷发小旋回示意图

1. 基性凝灰岩; 2. 中性凝灰岩; 3. 酸性凝灰岩; 4. 变质砂岩; 5. 火山角砾岩; 6. 玄武岩;
7. 安山岩; 8. 小旋回编号。

晶由碱性长石、斜长石和石英构成,基质由正长石、黑云母和绢云母组成微晶结构,斜长石为具环带的中长石。

喷发韵律层的顶部常有沉积岩发育,厚度一般小于5cm。具水平层理、波状层理和小角度交错层理,层厚1—2cm。其岩性主要是长石石英砂岩、长石杂砂岩、岩屑石英砂岩和长石岩屑杂砂岩,已不同程度的变质。石英颗粒和长石呈次棱角状,黑云母、辉石等不稳定矿物占有一定比重,含有锆石、榍石和石榴子石等副矿物。

另一类是介于沉积岩与凝灰岩之间的过渡类型的岩石,主要包括凝灰岩与凝灰质砂岩。这类岩石类型多样、变化复杂,往往十几毫米的间距内就发生多次变化,不稳定矿物含量高,见有微细层理。

在剖面的北面发育两套复理石沉积,一套是凝灰质-砂泥质复理石,由A、D或A、D、E韵律层组成,以D或D、E为主,代表远源浊积,其北尚有一套厚度不大的钙泥质复理石(图3)。

2. 岩石特征

丹凤群火山岩的变质作用很不均一,变质程度一般为高绿片岩相,少数可以达到低角闪岩相。

凝灰岩在野外成层产出,产状较为稳定,有明显的喷发韵律层。在喷发剧烈的层位发育火山角砾岩,其产状极不稳定,横向变化大,沿走向常有尖灭。

构成凝灰岩的主要矿物有角闪石和辉石晶屑,角闪石呈板状,辉石呈颗粒状,有一定的磨蚀。石英则呈弧状、凹状构成镶嵌结构,基质中的微晶石英和绢云母构成显微镶嵌结构。

火山角砾岩具有火山角砾结构,角砾主要是角闪石晶屑,少量长石晶屑。角闪石晶屑一般呈短柱状有一定的磨圆度,分选性差,含量一般超过60%。基质主要是一些细小的、已重结晶的火山灰,现已变成微晶石英和绢云母。

安山岩不具备典型的安山结构,多蚀变,角闪石大部分已绿泥石化,在镜下可以见到角闪石的一些残余斑晶。英安流纹岩具有斑状结构,斑

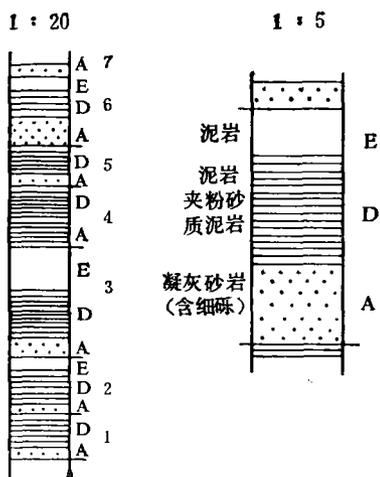


图3 丹凤群火山-沉积岩系中的复理石沉积

A, 粒序层; D, 水平层理; E, 无层理。

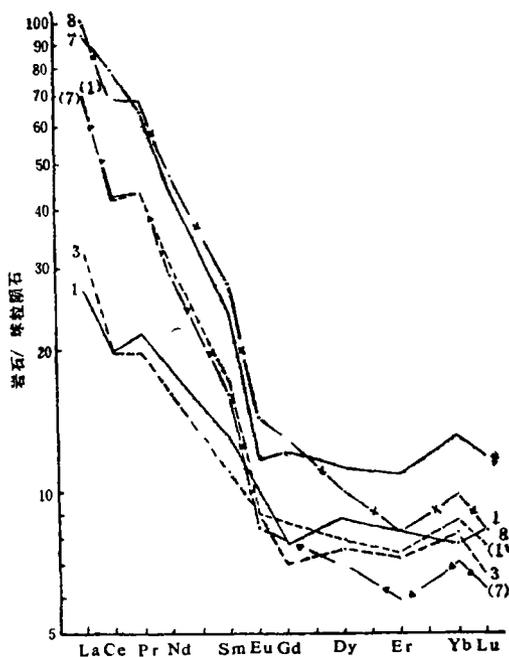


图5 丹凤群中火山岩和刘岭群中砂岩稀土元素球粒陨石标准化模式图

丹凤群: 1、3—安山玄武岩; 7—流纹岩; 8—英安岩。
刘岭群: (1)—长石石英砂岩; (7)—砂质板岩。

丹凤群火山熔岩稀土元素总量较高, ΣREE 分别为220.47、173.50、168.31等, $\Sigma Ce/\Sigma Y$ 分别为2.89、4.12、4.79等(表1)。稀土模式为富集型, 陡右倾斜, Ce明显亏损, 具大陆壳性质, 属于岛弧火山岩(图5)。

丹凤群火山岩系中的变质砂岩岩石类型多样, 结构成熟度和成分成熟度低, 磨圆度差。反映当时的沉积环境很不均一, 碎屑沉积物不可能来自很远, 而是就近搬运就近沉积, 这些特点与岛弧环境是吻合的, 说明可能代表弧前沉积。

三、地球化学特征

丹凤群火山熔岩主要以玄武岩、安山岩为主, 构成玄武岩→安山岩→英安岩→流纹岩组合, 其 Peacock 指数为60, 属钙碱质火山岩系。另据 AFM 三角图解(图4), 大部分点落在钙碱质岩石区域与 Peacock 指数吻合。

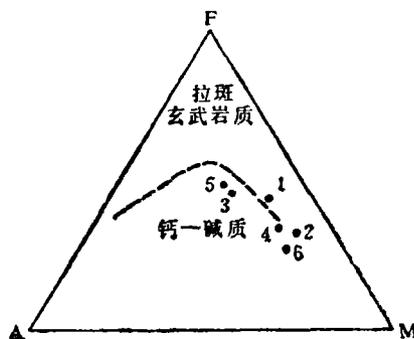


图4 丹凤群碱性火山岩AFM三角图解
(1、2、3、4、5、6均为玄武岩)

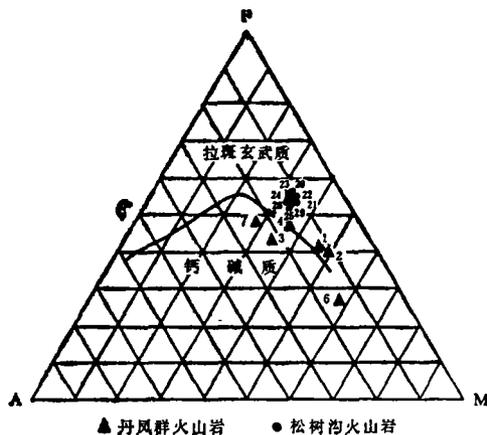


图6 丹凤群和松树沟变质碱性火山岩AFM图解

表1 丹凤群火山岩稀土元素含量和球粒陨石标准化数据表

| 岩石类型 | 野外 编号 | La | Ce | Pr | Nd | Sm | Eu | Gd | Tb | Dy | Ho | Er | Tm | Yb | Lu | Y | ΣCe | ΣY | ΣREE | ΣCe/ ΣY |
|------|----------|---------|--------|--------|--------|-------|--------|--------|------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|--------|------------|
| 玄武岩 | 含量(ppm) | 5.80 | 11.96 | 1.72 | 7.56 | 1.94 | 0.66 | 2.01 | 0.34 | 2.09 | 0.44 | 1.31 | 0.21 | 1.26 | 0.18 | 10.81 | | | | |
| | 岩石/球粒陨石 | 18.125 | 12.723 | 14.339 | 12.6 | 9.7 | 9.041 | 6.484 | 6.8 | 6.742 | 6.027 | 6.238 | 6.364 | 6.632 | 5.806 | 5.515 | 29.64 | 36.47 | 66.11 | 0.81 |
| 玄武岩 | 含量(ppm) | 4.75 | 10.04 | 1.48 | 6.65 | 1.66 | 0.54 | 1.84 | 0.32 | 1.98 | 0.43 | 1.27 | 0.20 | 1.20 | 0.17 | 10.65 | | | | |
| | 岩石/球粒陨石 | 14.844 | 10.681 | 12.333 | 11.083 | 8.3 | 7.397 | 5.935 | 6.4 | 6.387 | 5.89 | 6.048 | 6.061 | 6.316 | 5.484 | 5.434 | 25.12 | 18.06 | 43.18 | 1.39 |
| 玄武岩 | 含量(ppm) | 10.51 | 18.42 | 2.35 | 9.74 | 2.20 | 0.66 | 2.20 | 0.36 | 2.33 | 0.49 | 1.52 | 6.25 | 1.55 | 0.22 | 12.98 | | | | |
| | 岩石/球粒陨石 | 32.844 | 19.596 | 19.583 | 16.233 | 11.0 | 9.041 | 7.097 | 7.2 | 7.516 | 6.712 | 7.238 | 7.576 | 8.158 | 7.097 | 6.622 | 43.88 | 21.9 | 65.78 | 2.00 |
| 玄武岩 | 含量(ppm) | 31.68 | 67.36 | 10.11 | 43.48 | 8.74 | 2.40 | 7.31 | 1.07 | 6.31 | 1.22 | 3.25 | 0.47 | 2.82 | 0.39 | 3.386 | | | | |
| | 岩石/球粒陨石 | 99.00 | 66.71 | 84.25 | 72.467 | 43.7 | 32.877 | 23.581 | 21.4 | 20.355 | 16.712 | 15.476 | 14.242 | 14.812 | 12.581 | 17.276 | 163.77 | 56.7 | 220.47 | 2.89 |
| 玄武岩 | 含量(ppm) | 8.55 | 18.76 | 2.62 | 10.81 | 2.60 | 0.73 | 2.42 | 0.39 | 2.73 | 0.58 | 1.74 | 0.27 | 1.86 | 0.26 | 15.67 | | | | |
| | 岩石/球粒陨石 | 26.719 | 19.957 | 21.833 | 18.017 | 13.0 | 10.0 | 7.808 | 7.8 | 8.806 | 7.945 | 8.286 | 8.182 | 9.789 | 8.387 | 7.995 | 44.07 | 25.92 | 69.99 | 1.70 |
| 流纹岩 | 含量(ppm) | 32.13 | 64.32 | 8.15 | 28.04 | 5.53 | 1.05 | 4.02 | 0.55 | 3.10 | 0.60 | 1.73 | 0.28 | 1.87 | 0.26 | 16.68 | | | | |
| | 岩石/球粒陨石 | 100.406 | 68.426 | 67.917 | 46.733 | 27.65 | 14.384 | 12.968 | 11.0 | 10.0 | 8.219 | 8.238 | 8.485 | 9.842 | 8.387 | 8.510 | 139.22 | 29.09 | 168.31 | 4.79 |
| 英安岩 | 含量(ppm) | 30.26 | 70.36 | 7.73 | 25.68 | 4.79 | 0.85 | 3.76 | 0.65 | 3.48 | 0.76 | 2.28 | 0.39 | 2.51 | 0.37 | 19.69 | | | | |
| | 岩石/球粒陨石 | 94.562 | 78.851 | 64.417 | 42.8 | 23.95 | 11.644 | 12.129 | 13.0 | 11.226 | 10.411 | 10.857 | 11.818 | 13.211 | 11.935 | 10.046 | 139.67 | 33.89 | 173.50 | 4.12 |

在丹凤群火山岩北面的商南松树沟存在较好的但层序性欠佳的蛇绿岩套。前人因没有进行较详细的地质地球化学工作,将丹凤群火山岩与松树沟火山岩误认为一套岩石组合,将其统称为古岛弧环境下所形成的蛇绿岩套。其实不然,商南松树沟火山岩中,其超基性岩具地幔岩的地球化学特征,变质火山熔岩具现代大洋中脊玄武岩的地球化学特征。因此松树沟地区火山岩与现代大洋玄武岩相似,而丹凤群火山岩与现代岛弧相近(图6)。

四、从刘岭群的物源看丹凤群火山岛弧的存在

刘岭群砂岩与丹凤群火山岩呈断层接触,其下部主要岩性为绢云/黑云母石英片岩、

表 2 刘岭群砂岩碎屑颗粒的百分含量

| 岩石类型 | 样品号 | Q | F | L |
|--------|-------|-------|-------|-------|
| 岩屑长石砂岩 | 75 | 69.19 | 14.30 | 16.51 |
| 岩屑砂岩 | 76 | 31.07 | 11.86 | 57.07 |
| 长石岩屑砂岩 | 78 | 56.30 | 9.48 | 34.22 |
| 岩屑石英砂岩 | 80 | 78.96 | 10.28 | 10.76 |
| 岩屑砂岩 | 81 | 58.96 | 6.27 | 34.77 |
| 岩屑砂岩 | 82 | 64.08 | 2.73 | 33.19 |
| 岩屑砂岩 | 89 | 48.55 | 10.60 | 40.85 |
| 岩屑石英砂岩 | 99 | 82.54 | 8.57 | 8.89 |
| 岩屑长石砂岩 | 100 | 66.92 | 19.14 | 13.94 |
| 长石石英砂岩 | 102 | 76.68 | 19.37 | 3.95 |
| 长石石英砂岩 | 104 | 77.78 | 13.09 | 9.13 |
| 岩屑长石砂岩 | 105 | 36.73 | 52.45 | 10.82 |
| 岩屑长石砂岩 | 106 | 58.58 | 23.04 | 18.38 |
| 岩屑长石砂岩 | 107 | 60.10 | 21.95 | 17.95 |
| 长石石英砂岩 | 109 | 80.77 | 10.31 | 8.92 |
| 长石岩屑砂岩 | 110 | 58.71 | 17.62 | 23.67 |
| 长石石英砂岩 | 111 | 76.30 | 17.64 | 6.06 |
| 长石石英砂岩 | 114 | 89.43 | 8.23 | 2.34 |
| 岩屑石英砂岩 | 115 | 90.74 | 1.93 | 7.33 |
| 岩屑石英砂岩 | 116 | 75.99 | 16.52 | 7.49 |
| 岩屑石英砂岩 | 117 | 87.66 | 6.37 | 5.97 |
| 长石岩屑砂岩 | 121 | 67.25 | 11.55 | 21.20 |
| 长石岩屑砂岩 | 129 | 73.68 | 12.10 | 14.22 |
| 长石岩屑砂岩 | 130 | 17.68 | 38.38 | 43.94 |
| 岩屑砂岩 | 130-1 | 59.84 | 10.07 | 30.09 |

注:由于杂基大部分已变质,含量很难统计,所以表中没有将杂砂岩区别开来。

含角闪石/辉石云母片岩、含石榴子石/角闪石/辉石长英质片岩、含硅灰石大理岩。原岩主要为成熟度低的长石石英杂砂岩、岩屑长石杂砂岩、岩屑杂砂岩、钙质砂砾岩、凝灰质砂岩、凝灰岩、泥质碳酸盐岩和钙质砂泥岩（表2）。杂砂岩的变质程度从板岩→千枚岩相，少数达绿片岩相。杂砂岩中所含石英颗粒呈棱角状→次棱角状，磨圆度较差。长石、岩屑、不稳定矿物和火山物质含量高。所含长石以钾长石为主，其次是中性斜长石、微斜长石和少量基性斜长石，长石表面高岭土化和绢云母化，晶形为次棱角状。

杂砂岩中所含云母主要是黑云母和白云母，可以区分出两种不同来源的云母，一是呈锯齿状的、有一定磨蚀的外来岩屑，二是呈细小、规则片状的，由泥质杂基变质而来的云母，但大多数情况下两者在镜下是很难区分的。杂砂岩中含有大量的火山灰，已脱玻化形成暗红色的雏晶。副矿物以辉石为主，其次是角闪石、石榴子石、绿泥石、锆石和榍石。辉石呈颗粒状、磨圆度较好，有时最高含量可达10%，角闪石的磨圆度也较好。

刘岭群砂岩的杂基含量高，反应当时的水动力较弱，波浪淘洗、波选很不充分，水体相对较深，处于浪基面以下。另外见有一层5—10cm厚的钙质砂砾岩，为滑塌沉积，说明当时的沉积环境是有一定的坡度的。杂砂岩的成分成熟度和结构成熟度低，长石和岩屑含量高，所含长石晶形呈次棱角状、磨圆度差，说明是近距离快速堆积的产物。另外从刘岭群砂岩中含有大量火山物质，以及丰富的凝灰质砂岩和凝灰岩来看，在它的北面有一个隆起的岛弧向它提供物源。

刘岭群砂岩的构造背景化学成分图解（图7）和构造背景化学成分判别函数图解（图8）都进一步说明刘岭群砂岩来源于大陆型岛弧。

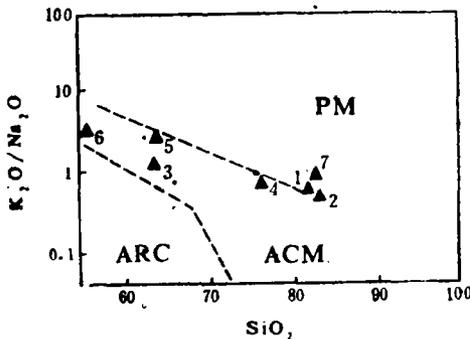


图7 刘岭群砂岩构造背景化学成分图解

（据B.P.Roser和R.J.Korsch, 1986）

PM: 被动陆缘; ACM: 活动陆缘;

ARC: 大洋岛弧

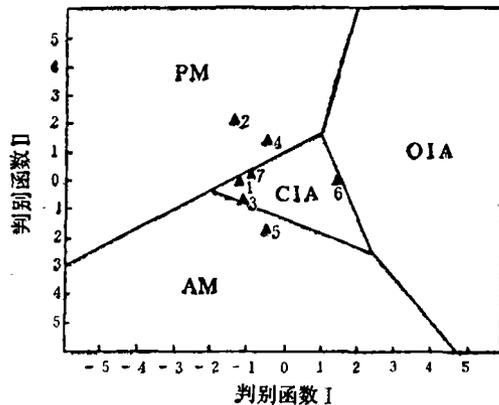


图8 刘岭群砂岩构造背景的化学成分判别函数图解（据M.R.Bhatia, 1983）

PM: 被动陆缘; AM: 活动陆缘;

CIA: 大陆型岛弧; OIA: 大洋型岛弧

图5是根据表1和表3所作的丹凤群火山岩和刘岭群砂岩稀土模式图。丹凤群火山岩和刘岭群砂岩的稀土模式大致相同，都是富轻稀土而重稀土贫乏，另外刘岭群砂岩的曲线居于丹凤群火山岩的玄武岩与英安岩、流纹岩之间，说明物源来自于丹凤群火山岩，因此推测当时存在一个火山岛弧向它提供物源是合理的。

表 3 刘岭群砂岩岩石稀土元素含量和球粒陨石标准化数据表

| 岩石类型 | 野外 序号 编号 | La | Ce | Pr | Nd | Sm | Eu | Gd | Tb | Dy | Ho | Er | Tm | Yb | Lu | Y | ΣCe | ΣY | ΣRΣΣ | ΣCe /ΣY | |
|------------|----------------|---------|---------|--------|--------|--------|-------|--------|-------|------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|------------|------|
| 砂质板岩 | 7053 1 | 含量ppm | 22.68 | 39.68 | 5.18 | 17.34 | 3.23 | 0.62 | 2.42 | 0.36 | 2.19 | 0.44 | 1.25 | 0.21 | 1.35 | 0.19 | 11.77 | 88.73 | 20.18 | 108.91 | 4.4 |
| | | 岩石/球粒陨石 | 70.875 | 42.213 | 43.167 | 28.9 | 16.15 | 8.493 | 7.806 | 7.2 | 7.065 | 6.027 | 5.952 | 6.364 | 7.105 | 6.129 | 6.005 | | | | |
| 长石 石英砂岩 | 7055 2 | 含量ppm | 22.92 | 39.37 | 5.17 | 18.38 | 3.43 | 0.67 | 2.67 | 0.41 | 2.47 | 0.53 | 1.57 | 0.25 | 1.67 | 0.24 | 14.13 | 89.94 | 23.94 | 113.88 | 3.76 |
| | | 岩石/球粒陨石 | 71.625 | 41.883 | 43.083 | 30.633 | 17.15 | 9.178 | 8.613 | 8.2 | 7.968 | 7.26 | 7.476 | 7.576 | 8.789 | 7.742 | 7.209 | | | | |
| 粉砂岩 | 7097 3 | 含量ppm | 43.85 | 87.40 | 11.21 | 38.71 | 7.82 | 1.37 | 6.20 | 1.00 | 5.32 | 1.11 | 3.17 | 0.51 | 3.18 | 0.45 | 28.43 | 90.36 | 49.37 | 239.73 | 3.86 |
| | | 岩石/球粒陨石 | 137.031 | 92.979 | 93.417 | 64.517 | 39.1 | 18.767 | 20.0 | 20.0 | 17.161 | 15.205 | 15.095 | 15.455 | 16.737 | 14.516 | 14.505 | | | | |

五、讨 论

陕西区调队(1985)在丹凤群地层中首先发现有早古生代微古植物化石和园茎海百合化石。张国伟(1989)取得两组同位素年龄资料,其中一组采自丹凤县资峪,其Rb-Sr等时年龄值为 447.9 ± 41.5 Ma;另一组采自商县垃圾庙,其Sm-Nd年龄值为 402.6 ± 17.4 Ma,因此,丹凤群岩石的时代应为奥陶—志留纪。

丹凤群中的火山熔岩为钙碱性,稀土总量值高,富轻稀土,与大陆岛弧型火山岩具相似的地质地球化学特征。其中一、二、三岩段以熔岩和火山碎屑岩为主,形成于火山岛弧的早、中期阶段,第四岩段以沉积岩为主,形成于成熟岛弧阶段。上述资料表明,东秦岭地区在古生代存在一个活动大陆边缘,丹凤群岩石形成于古岛弧环境。随后又由于该古岛弧与扬子板块北缘被动大陆边缘相碰撞,形成前陆盆地(Lash, G.G., 1988; Philip, A.A., 1986),中、上泥盆统刘岭群砂岩的地质地球化学特征表明其物源于丹凤古岛弧,形成于前陆盆地之中。

热忱感谢秦德余、吉让寿、朱宏发的指点和帮助。

(收稿日期:1988年12月30日)

参 考 文 献

- [1]贾承造等, 1988, 东秦岭板块构造, 南京大学出版社。
- [2]贾东等, 1988, 东秦岭商南边缘海型绿帘岩的发现及其板块构造意义, 南京大学学报——地球科学版, 第1期。
- [3]张国伟等, 1988, 秦岭造山带的形成及其演化, 西北大学出版社。
- [4]秦德余等, 1987, 秦岭-大巴拉拉槽, 石油实验地质, 第2期。
- [5]Bhatia, M.R., 1983, Plate tectonic and geochemical composition of sandstones, *Geology*, Vol.91, P.611.
- [6]Dickinson, W.R., & Volloni, R., 1980, Plate settings and provenance of sands in modern ocean basins, *Geology*, Vol.8, No.12.
- [7]James, B.G., 1981, *Orogenic andesites and plate tectonics*, Springer-Verlag.
- [8]Lash, G.G., 1988, Along-strike variations in foreland basin evolution; Possible evidence for continental collision along an irregular margin, *Basin Research*, Vol.1.
- [9]Philip, A.A., Homewood, P., Williams, G.D., 1986, foreland basins: An introduction, In *foreland basins*, Edited by Allen, P.A., & Homewood, P., Blackwell scientific publications.

CHARACTERISTICS OF PETROLOGICAL
ASSEMBLAGE IN THE DANFENG GROUP
AND ITS TECTONIC SIGNIFICANCE

Ying Yong Gao Changlin

(Central Laboratory of Petroleum Geology, MGMR)

Abstract

On the basis of the characteristics of petrological assemblage and petrogeochemistry, the tectonic environment of volcanic rocks in the Danfeng Group, east Qinling is studied. The Danfeng Group consists of volcanic lavas, pyroclastic rocks and metamorphic sandstones. Volcanic lava dominated by basalt and andesite is composed of basalt — andesite — dacite — rhyolite assemblage, which is classified as calc — alkalic volcanic rock series according to Peacock index, and has a high total amount of rare earth elements enriched in light rare earth. The loss of Ce is obvious. This assemblage should belong to the volcanic rocks of island arc type. It is distributed in an environment of volcanic island-arc tectonism over the area of the Danfeng Group which is the source area of immature apogrites in the Liuling Group.