

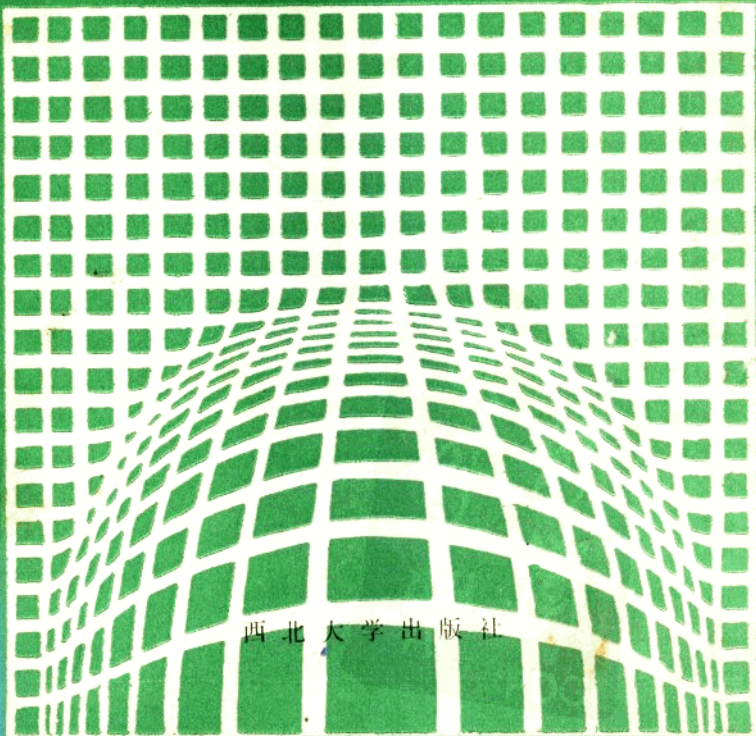
《青年科学文集》丛书之一

陕西省青年科技工作者联合会

# 青年科学文集

(地质科学篇)

彭建兵 孙勇 远山 主编



西北大学出版社

## 《青年科学文集》丛书

主 编：周晓真

副主编：孟 光 廉振民 孙 勇

编 委：秦 潮 张耀中 彭建兵 雷援朝 聂 钢 王建生  
陈忠云 康 云 韩延庆 李文汉 赵京华 沈毛明  
彭 波 石 峥 张 泓 韩静涛 朱北宗 丰镇平

## 丛 书 絮 语

在刚刚迈开步伐的90年代的岁月里，陕西一批有志的青年科学工作者在陕西省科委、陕西省青年科技工作者联合会和西北大学出版社的关怀和支持下，一部反映三秦青年科技工作者科研成果的丛书——《青年科学文集》应时而生了。

三秦大地，物华天宝，人杰地灵。改革的春风为这片古老的黄土地带来了无限的生机。

科学面临着世纪之交的挑战，祖国的四个现代化进入到关键的十年，献身于科学事业的年轻一代更是面临着新的抉择，责任感、时代感、紧迫感要求科学青年抓住时机，勇敢迎接挑战，陕西这片沃土便是青年人施展才华的最佳场所。

我们编辑出版的《青年科学文集》，其目的是培养更多的科技人才，让黄土地上升起更多的科技新星。这套丛书的编撰宗旨是坚持科学无禁区、科学无偶像、科学无顶峰的原则，鼓励创新、提倡争鸣，为新思想、新观念、新假说、新理论的孕育和成长摇旗呐喊、鸣锣开道，积极发掘和培养富有开拓和创新才能的科技人才。

今天我们首先推出的是《青年科学文集》丛书之一——（地质科学篇），以后，我们将陆续编辑出版（化学、化工篇）、（土木建筑篇）、（地理科学篇）、（生物学篇）……等，我们殷切地希望更多的青年科技工作者关心我们的工作，并祝愿有更多更好的科技成果问世。

年轻的朋友们，人人都在憧憬着未来，未来永远是属于那些朝气蓬勃的年轻人的。让我们发愤读书、潜心研究、披荆斩棘、矢志不移、独辟蹊径、敢于创造，努力攀登科学高峰，为人类的知识宝库增添异彩，为祖国四化大厦添砖加瓦，为陕西的繁荣富强献上我们的一份力量。

陕西省青年科技工作者联合会  
《青年科学文集》丛书编委会

1990.10.1

## 序

几天前，陕西省青年地质学会的几位年轻同志，要我审阅他们编著的《青年科学文集》丛书中的（地质科学篇），并希望能为该书作序，我欣然应允了。

阅读了书稿的每篇文章，并详细地翻阅了各篇的专家评审意见。这部书稿内容很广泛，几乎涉猎地质学各个学科，有些专业我熟悉，有些比较生疏。但无论从文章中或从评审意见中，我都深深地感到这是一部经过严格审查后筛选出的力作，它能够较真实地反映当前陕西青年地质工作者的科技水准。这些文章，无论从学术思想，科学实践和理论探索，文笔和逻辑推理以及层次上，都是严肃认真的，有一定的深度，反映了这些青年学者的治学精神和科研态度。更可贵的是书中处处散发着一股青春的气息，思想活跃，富于创造，敢想、敢写，勇于攀登地质科学的峰颠。

青年人是国家的未来，科学的未来，也是我们地质事业的未来，特别是现代固体地球科学正处在一个新的重要发展时期，我国又具有独特而复杂的地质条件，所以我国年轻的、有思想、有志向、有科学献身精神的地质工作者，必将会大有作为，为世界地学的发展作出巨大贡献。

对于科学青年来说陕西是块福地。南有世界著名的秦岭造山带，中部是地学界争论纷纭的渭汾盆地，陕北又是世界得天独厚的黄土高原，优越的环境是年轻人施展才华的最佳场所，我相信，在这片沃土上一定会升起更多的科技新星。

张国伟

1990. 10. 1

## 前 言

十分荣幸,《青年科学文集》丛书首期推出的是我们青年地质工作者的学术论文集。

陕西省不仅以其古老灿烂的文化、比比皆是的名胜古迹闻名于世,而且还以其特有的地质单元和丰富的地质现象吸引着中外地质学家。在这块土地上,既有峰峦耸峭的秦岭山脉,又有坦荡低平的关中平原。一个是闻名世界的大陆山链,地质隐患甚多,矿产资源丰富,历来被称之为解开中国地质之谜的钥匙;一个是未愈合的大陆“伤痕”——新生代裂陷盆地,现代构造运动显著,地质灾害丛集,成为窥测中国地壳现代活动的窗口。多少年来,一代又一代地质学家攀登过秦岭的山山岭岭,丈量过关中盆地的沟沟坎坎,一种种矿产资源从这里勘探出,一批批优秀地质学家在这里成长。如今,新一代青年地质工作者又在这里辛勤的跋涉、探索、研究,这本文集则部分地反映了这些年轻人的研究成果。

秦岭造山带最古老的地体是太古代太华群,它的岩性单元和变质年龄决定了秦岭山链胚胎物质的成分和初次热事件的时代,孙勇等人的《华北地块南缘太古代花岗质杂岩的地球化学和岩石成因》一文,根据稀土元素地球化学分析和现代技术测年资料,认为河南登封地区太华高级变质地体是由形成于2800Ma以前的TTG质侵入体经变质和变形而成的,为一套角闪岩相——麻粒相变质杂岩体。周鼎武等人的文章则研究了同一地区的五里铺韧性断裂带,确定出断裂带糜棱岩中主要造岩矿物石英以动态重结晶的塑性变形为特征,长石以碎流变形为特征。商丹断裂带近年被认为是南北秦岭的分界线,胡能高等人的文章,利用在变形过程中形成的矿物、矿物对和矿物组合,结合矿场的变形特征,确定了商丹断裂带韧性剪切变质作用的P—T过程。于在平等人的文章则认为商丹杂砂岩为活动大陆边缘沉积环境的产物,并经历过三期变形。张泽军的《北秦岭松树沟早元宙地幔热点遗迹》一文,认为松树沟超镁铁岩和外侧分布的变质玄武岩有密切的成因关系,它们是区内早元古宙地幔热点的遗迹。胡健民等人的文章则报导了一个新发现,在14亿年前的豫西汝阳群中有非常丰富的后生动物遗迹化石。孟庆任等人的文章研究了同一地区的前寒武系的崔庄组和三教堂组的丘状交错层理,认为它们一部分是风暴成因,另一部分由暴风引起的摆动流与单向水流相结合而产生的。秦岭的矿产资源丰富,采冶历史十分悠久,霍有光同志近几年潜心于矿冶史的研究,这里发表的《古代对秦岭汞矿带的认识、开发及找矿启示》一文,是他的系列研究成果之一,文章广证博引,论述了秦岭汞矿带有史以来的开冶情况。钱壮志等人的文章则提出了三种热动力分异成矿模式,并将其与小秦岭地区太华群构造演化三阶段联系起来,讨论了小秦岭某金矿的成因,丰富了近年来活跃的动力成岩成矿理论。

渭河盆地位于秦岭造山带与华北地块的交接带,地质构造复杂,地质灾害频繁,其形成演化机理历来为大家注目。彭建兵的《渭河盆地伸展机理》一文,突破了长期以来的所谓“隆起背景下的拱张陷落”的观念,用丰富的实际资料论述了渭河盆地的伸展构

造结构, 伸展构造表象和伸展拉伸背景, 建立了盆地伸展拉伸、倾滑陷落而成盆的三维机理模型。杨钟堂的《浅论地质环境变异对文物保护的影响》一文, 重点调查和研究了关中地区名胜古迹受地质环境变化影响的破坏情况, 是环境地质研究中的一个新问题。关中地区近些年地裂缝活动十分活跃, 关于它的成因争议较大, 张骏等人的文章将地裂缝与黄土构造节理、古地震、全新世构造应力场联系起来考察其相关性; 朱斗秋的文章应用 $\alpha$ 径迹法探测了地裂缝, 发现断裂和地裂具有相同的 $\alpha$ 径迹峰值异常; 苏生瑞的文章则论述了关中盆地地裂缝分布规律与现代构造活动的关系, 很明显, 这三篇文章为构造作用为主成缝的观点提供了佐证。

“渭北黑腰带”是我省重点能源基地, 煤炭系统的青年地质工作者为此贡献着自己的力量。王双明的《焦坪矿区早、中侏罗世含煤岩系中的湖泊三角洲》一文, 认为焦坪矿区早、中侏罗世含煤岩系为一套沼泽湖泊和湖泊三角洲沉积, 并详细分析了三角洲的亚环境及煤层的形成环境。张弼斌的文章则用逐步判别分析对尉县煤田主煤层进行了对比分析, 研究了该煤田的成煤古地理环境。

此外, 一些文章还进行了地质学的理论探索。如赵靖舟的《初论古生物成控矿意义》一文, 系统地论述了古生物成控矿的类型与机制。王涛的《 $Rf/\phi$ 有限应变测量法的计算机模拟求解》一文, 曾在全国构造会议上受到好评。杨福新的《内蒙多伦火山岩盆地稀土元素分布模式及其构造环境》一文, 将内蒙多伦火山盆地中的火山活动划分为两个旋回, 认为它们均属LREE富集型, 因此多伦盆地为造山带裂谷型火山盆地。

应当指明的是, 这里发表的24篇文章只是部分地反映了我省青年地质工作者近年来的科研成果, 还有许许多多优秀青年地质工作者, 尤其是那些长年工作在野外第一线的青年地质工作者的新发现、新资料、新思想未能在此充分展示, 愿来年弥补这些不足, 展现出更多更好的科研成果。

谨以此文集献给那些在秦岭和关中作过开创性工作的、时刻关怀我们青年一代成长的老一辈地质学家和广大地质工作者。

陕西省青年地质学会

1990. 10

# 目 录

## 华北地块南缘太古代花岗岩质杂岩的地球化学和岩石

成因..... 孙 勇 于在平 张国伟 ( 71 )

渭河盆地伸展机理..... 彭建兵 ( 9 )

南丹断裂南侧糜棱岩的 P—T 演化及其构造意义..... 胡能高 安三元 ( 20 )

秦岭南丹杂岩的基本特征和构造意义

..... 于在平 孙 勇 张国伟 ( 26 )

北秦岭松树沟早元古宙地幔热点遗迹..... 张泽军 ( 35 )

河南登封地区云斜片岩中的韧性断裂构造岩带的划分

及其显微构造..... 周鼎武 柳益群 ( 42 )

内蒙多伦火山岩盆地稀土元素分布模式及其构造

环境的探讨..... 杨福新 ( 50 )

Rf/ $\phi$  有限应变测量法的计算机模拟求解..... 王 涛 ( 58 )

从古生物地理试论早寒武世秦岭古大洋..... 崔智林 于在平 ( 63 )

豫西汝阳群后动物遗迹化石的发现及其意义

..... 胡健民 孟庆任 李文厚 ( 72 )

陕西焦坪矿区早、中侏罗世含煤岩系中的湖泊三角洲..... 王双明 ( 76 )

豫西前寒武系崔庄组和三教堂组中的丘状交错层理及

其环境意义..... 孟庆任 胡健民 ( 83 )

古代对秦岭采矿带的认识、开发及找矿启示..... 霍有光 ( 89 )

初论古生物成矿意义..... 赵清舟 藩晓萍 ( 95 )

陕西潼峪金矿床形成作用中的热——动力分异..... 钱壮志 胡正国 ( 104 )

利用逐步判别分析法对蔚县煤田主煤层对比和古地理

环境的研究..... 张弼斌 ( 110 )

浅论地质环境变异对文物保护的影响..... 杨钟堂 ( 115 )

西安及邻区全新世新断裂网络与新构造应力场

..... 张 骏 倪万魁 ( 122 )

a 径迹法在探测渭河盆地地裂缝上的初步应用..... 米丰收 ( 129 )

渭河盆地地裂缝及其与现代构造活动的关系..... 苏生瑞 ( 135 )

秦岭刘岭群沉积环境探讨..... 李文厚 梁金哲 邵 磊 林晋炎 ( 141 )

地质学思维机理的一种解释理论..... 雷援朝 邢志栋 ( 150 )

试论地壳波浪运动及其构造活动方式对聚煤作用的影响..... 徐俊杰 ( 161 )

记述一个长城纪蠕形动物新科——*Luonane lidae* Li

fam. nov. .... 李文厚 胡健民 孟庆任 ( 167 )

# 华北地块南缘太古代花岗质杂岩的地球化学和岩石成因

孙 勇 于在平 张国伟

(西北大学地质系)

**摘要:** 太古代太华高级变质地体由高角闪岩相——麻粒岩相变质杂岩组成, 占主体的岩石单元是具有英云闪长岩—奥长花岗岩—花岗闪长岩 (TTG) 成分的片麻岩。岩石学和地球化学研究表明, 上述片麻岩主要是由形成于2800Ma以前的TTG质侵入体经变质和变形而成。地球化学上, 这些片麻岩属钙碱系列, 以强烈分异的稀土元素分配型式为特点。其母体可能源于石榴石麻粒岩的分熔, 后者以残存于片麻岩中的包体为代表。

## 一 地质和岩相概况

沿华北地块西南缘断续出露的太古代太华高级变质地体 (太华群), 和世界上众多的太古代高级变质地体一样, 亦可划分为长英质片麻岩系和表壳岩系两大岩石单元 (Windley 1983; 孙勇1985)。作为本文研究重点的河南鲁山地区, 是太华变质地体中发育最为完整的露头区 (图1)。

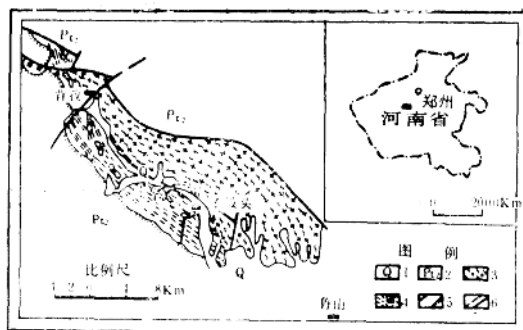


图1 河南鲁山地区地质简图

1. 第四系 2. 中元古界 3. 片麻岩系 4. 表壳岩系 5. 整合和不整合 6. 断层

表壳岩系主要由变质沉积岩组成, 包括砂线石—石榴石片 (麻) 岩、石墨片麻岩、大理岩、石英岩、条带状含铁建造和薄层变质镁铁质火山岩。长英质片麻岩系主要由TTG成分的杂岩构成, 系由TTG质侵入岩经变形和变质而成 (孙勇, 1985)。矿物组成上, TTG质片麻岩主要由斜长石 ( $An_{20-40}$ )、石英和少量的角闪石或黑云母组成, 矿物

一般为中—粗粒，岩石多呈灰色。

## 二 TTG质片麻岩的年代学

在以前的研究中，由于观念的束缚，太华高级变质地体中长英质片麻岩并未得到应有的重视。虽然一般认为他们形成于太古代，但并无确切的证据。近期研究中，通过对片麻岩中单颗粒锆石的年龄测定（单颗粒锆石 $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ 蒸发法），这一问题业已取得了较为完满的结果。定年工作是由联邦德国 M.P.I. 完成的，其工作原理和流程如 Kober(1987)所述。

样品 Lu003 采自鲁山县瓦屋北约 1 公里的河沟中，样品为十分新鲜的英云闪长质片麻岩。从该样品中选出三粒锆石，其中锆石 1 和锆石 2 呈浅棕色，晶形完好。从这两粒锆石共测定 103 组数据，得出  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  年龄平均值为  $2841 \pm 6\text{Ma}$ （图 2a）。锆石 3 颜色转暗，晶体边缘不太平直，测得 28 组数据，其  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  年龄为  $2806 \pm 7\text{Ma}$ （图 2b）。

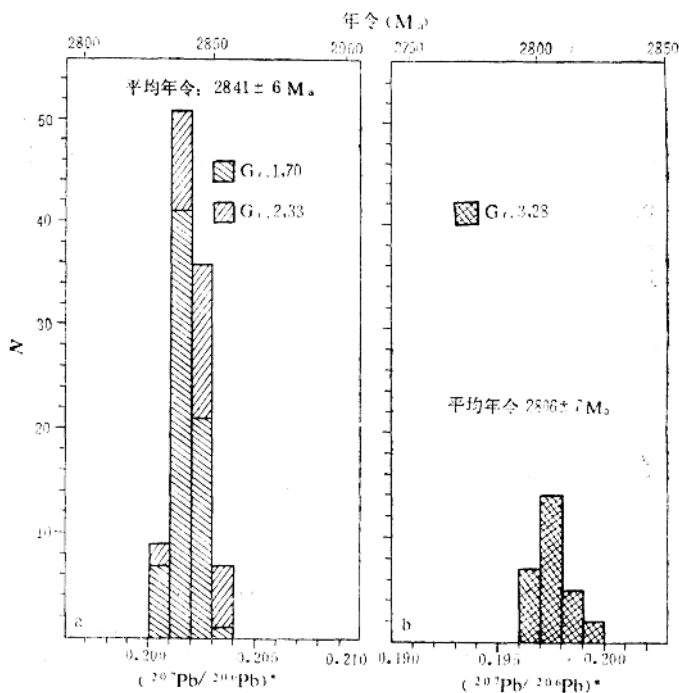


图2 样品 Lu003 锆石放射成因铅比值直方图

a. 二粒锆石 103 组数据 b. 一粒锆石 28 组数据

样品Lu10亦为英云闪长质片麻岩，采自瓦屋北约3公里处。岩石呈浅灰色，粗粒笔杆状构造。从该样品中选出三粒锆石，锆石为自形或半自形，粉红色。三粒锆石共测定209组数据，得出的 $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ 年龄平均值为 $2807 \pm 4\text{Ma}$ （图3）。

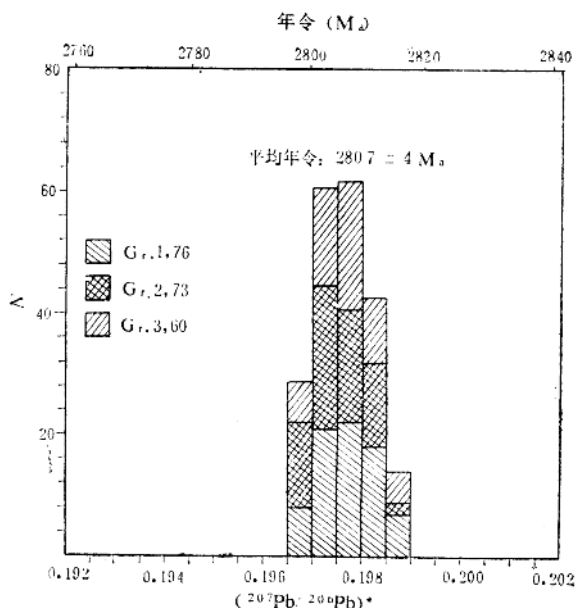


图3 样品Lu10锆石放射成因铅比值直方图（209组数据）

上述三组年龄值误差均很小，结果近于一致。他们代表英云闪长岩的结晶年龄，即该区英云闪长质岩石形成于2800Ma之前。这是迄今在华北地块南缘基底岩石中得到的最老年龄数据。值得注意的是，上述年龄值也是我们在太华高级变质地体中获得的最大年龄值。因此，有关该地体中片麻岩系与表壳岩系的关系值得重新商榷（将另文讨论）。

### 三 岩石地球化学

主、微量元素分析结果列于表1中。

根据O'Connor(1965)的分类方案，太华高级地体中的长英质片麻岩分为英云闪长岩、奥长花岗岩和花岗闪长岩三类，并以前两类为主（图4）。上述片麻岩均以低 $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ 比值（ $<0.7$ ）为特点。这也是全球范围业已得到证实的太古代花岗岩质岩石的一个明显特点（Barker 和 Arth 1976）。

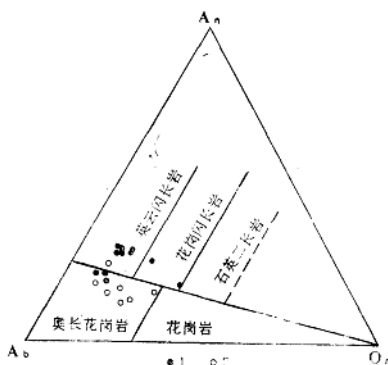


图4 花岗质岩石分类 (据 O'Connor 1965)

1. 数据见表1 2. 数据参见孙明 (1985)

### 英云闪长质片麻岩:

此类片麻岩的 $\text{SiO}_2$ 含量介于62-69(%);  $\text{Al}_2\text{O}_3$ 含量较高( $\geq 15\%$ );  $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ 比值较低(0.24—0.34)。

图5a为英云闪长质片麻岩的稀土元素球粒陨石标准化分配型式, 属于强烈的分异型。

$\text{La}_N/\text{Yb}_N$  比值介于38-51, 重稀土亏损, Eu异常不明显 ( $\text{Eu}/\text{Eu}^* = 0.96-1.18$ )。这些特征与世界上已知的太古代英云闪长岩完全一致 (O'Nions 等1974; Glikson 1976; Compton 1978; Hunter等1978; Weaver和Tarny1980, 1981; Martin等1983)。英云闪长质片麻岩的重稀土亏损、高 $\text{La}_N/\text{Yb}_N$ 表明, 其母岩浆的形成或涉及角闪石的结晶分异、或源中镁铁质源体的分熔、残留石榴石或角闪石 (O'Nions 等1974; Weaver 和 Tarny 等1983)。

### 奥长花岗质片麻岩:

奥长花岗质片麻岩的  $\text{SiO}_2$  含量一般大于70%;  $\text{Al}_2\text{O}_3$  含量大于15%;  $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$  比值介于0.19-0.25。稀土分配呈极强烈的分异型式 (图5b), 其 $\text{La}_N/\text{Yb}_N$ 高达139和141。一个样品呈显著的Eu正异常, 另一样品不出现Eu异常。重稀土亏损, 其分配型式呈向右的陡倾, 可能与角闪石在成岩中的分离有关 (Compton 1978; Weaver 和 Tarny 1980; Martin 等 1983)。

### 花岗闪长质片麻岩:

在太华高级变质地体中, 花岗闪长质片麻岩所占比例很小。他们以低 $\text{Al}_2\text{O}_3$  ( $< 15\%$ ) 和较高的 $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ 比值(0.65和0.72)为特征。在稀土分配型式上(图4c); 两个样品均为Eu负异常和高度分异的分配型式, 其 $\text{La}_N/\text{Yb}_N$ 分别为66和165。

### 石榴石麻粒岩包体:

L014和 A006 均为石榴石麻粒岩包体。他们的矿物组合相似, 由斜长石(40%)、角闪石(30%)、石榴石(8%)和辉石(10%)组成。相对于 MORB 和岛弧拉斑玄武岩, 样品均以富 $\text{FeO}$ 为特征, 其成分大致与太古代玄武岩相似。图5d为两个样品的稀土

元素球粒陨石标准化分配型式,表现出轻稀土富集,  $\text{La}_N/\text{Yb}_N$  比值分别为2.6和7.9, Eu异常不显著。低MgO含量和富集型稀土分配表明, 他们不能代表直接源于原始地幔的液体, 而是发生过一定程度的分异。

太古代太华高级变质地体岩石主、微量元素分析结果 • 表1

|                                | (1)** |       |       |       |       |       | (2)    |        |        | (3)    |       | (4)   |       |
|--------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|
|                                | L015  | L017  | L018  | L026  | L031  | L037  | L011   | L033   | L035   | L006   | L024  | L014  | A006  |
| SiO <sub>2</sub>               | 63.01 | 68.50 | 62.25 | 67.40 | 63.94 | 63.94 | 70.02  | 73.14  | 72.72  | 71.79  | 73.31 | 49.90 | 48.70 |
| TiO <sub>2</sub>               | 0.54  | 0.49  | 0.60  | 0.04  | 0.56  | 0.52  | 0.28   | 0.10   | 0.15   | 0.37   | 0.20  | 0.94  | 0.79  |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 15.23 | 15.48 | 15.35 | 15.81 | 15.48 | 15.19 | 15.39  | 15.30  | 15.58  | 14.75  | 14.33 | 15.77 | 14.75 |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 2.84  | 0.33  | 2.05  | 1.41  | 1.47  | 1.78  | 0.87   | 1.12   | 0.30   | 0.89   | 0.87  | 3.38  | 2.17  |
| FeO                            | 2.08  | 2.90  | 3.15  | 2.20  | 2.73  | 2.65  | 1.60   | 0.43   | 1.08   | 1.45   | 0.93  | 8.03  | 8.81  |
| MnO                            | 0.08  | 0.06  | 0.07  | 0.06  | 0.06  | 0.06  | 0.02   | 0.03   | 0.02   | 0.02   | 0.04  | 0.13  | 0.23  |
| MgO                            | 3.38  | 1.37  | 3.23  | 1.87  | 2.88  | 2.95  | 1.22   | 0.65   | 0.50   | 0.86   | 0.65  | 6.11  | 7.25  |
| CaO                            | 5.20  | 3.50  | 5.70  | 4.10  | 5.20  | 5.20  | 3.20   | 2.50   | 3.00   | 2.90   | 1.90  | 9.80  | 13.22 |
| Na <sub>2</sub> O              | 4.30  | 3.95  | 4.30  | 4.60  | 4.30  | 4.40  | 4.90   | 4.70   | 4.80   | 3.85   | 3.95  | 2.60  | 2.98  |
| K <sub>2</sub> O               | 1.30  | 1.35  | 1.45  | 1.10  | 1.45  | 1.20  | 1.00   | 1.20   | 0.90   | 2.50   | 2.85  | 1.00  | 0.38  |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>  | 0.34  | 0.21  | 0.41  | 0.24  | 0.32  | 0.42  | 0.16   | 0.06   | 0.11   | 0.24   | 0.11  | 0.14  | 0.10  |
| H <sub>2</sub> O <sup>±</sup>  | 1.21  | 1.52  | 1.05  | 0.73  | 0.74  | 1.28  | 1.00   | 0.79   | 0.70   | 1.00   | 0.68  | 1.40  | 0.50  |
| Total                          | 99.51 | 99.66 | 96.61 | 99.56 | 99.13 | 99.55 | 99.66  | 100.02 | 99.91  | 100.62 | 99.82 | 99.20 | 99.88 |
| Rb(ppm)                        | 20    | 36    | 23    | 19    | 32    | 17    | 18     | 17     | 18     | 56     | 47    | 11    | 8     |
| Sr                             | 755   | 469   | 875   | 603   | 862   | 706   | 668    | 569    | 539    | 329    | 337   | 84    | 26    |
| La                             | 33.70 | 25.61 | 40.03 |       | 32.16 |       | 44.26  |        | 20.84  | 51.84  | 18.87 | 7.56  | 13.49 |
| Ce                             | 74.85 | 50.41 | 88.99 |       | 75.75 |       | 83.67  |        | 39.38  | 97.74  | 39.56 | 18.08 | 37.83 |
| Nd                             | 30.22 | 16.62 | 36.64 |       | 32.30 |       | 22.16  |        | 9.47   | 24.97  | 12.69 | 10.30 | 22.62 |
| Sm                             | 4.83  | 2.45  | 5.71  |       | 5.45  |       | 2.52   |        | 1.09   | 3.49   | 2.18  | 2.65  | 5.15  |
| Eu                             | 1.28  | 0.77  | 1.41  |       | 1.35  |       | 0.78   |        | 0.90   | 0.72   | 0.50  | 0.98  | 1.51  |
| Gd                             | 3.20  | 1.78  | 3.71  |       | 3.53  |       | 1.60   |        | 1.28   | 2.31   | 1.55  | 3.22  | 4.70  |
| Dy                             | 1.72  | 0.6   | 1.91  |       | 1.87  |       | 0.58   |        | 0.34   | 0.82   | 0.69  | 3.49  | 3.63  |
| Er                             | 0.76  | 0.42  | 0.84  |       | 0.83  |       | 0.26   |        | 0.14   | 0.35   | 0.27  | 2.02  | 1.46  |
| Yb                             | 0.59  | 0.34  | 0.63  |       | 0.64  |       | 0.21   |        | 0.10   | 0.21   | 0.10  | 0.93  | 1.13  |
| Lu                             | 0.1   | 0.1   | 0.1   |       | 0.24  |       | 0.1    |        | 0.1    | 0.1    | 0.1   | 0.27  | 0.23  |
| Eu/Eu*                         | 1.03  | 1.18  | 0.96  |       | 0.97  |       | 1.22   |        | 2.57   | 0.80   | 0.87  | 1.13  | 1.01  |
| Ybn                            | 2.95  | 1.70  | 3.15  |       | 3.20  |       | 1.05   |        | 0.50   | 1.05   | 0.95  | 9.65  | 5.70  |
| Lan/Ybn                        | 38.08 | 50.61 | 42.36 |       | 37.61 |       | 140.50 |        | 138.94 | 164.57 | 66.21 | 2.60  | 7.89  |
| Cen/Ybn                        | 30.21 | 35.30 | 33.63 |       | 37.34 |       | 94.87  |        | 93.76  | 110.82 | 49.58 | 2.23  | 5.7   |

• 主元素由陕西地矿局实验室分析; 微量元素由地矿部测试所分析。

• • (1) 英云闪长质片麻岩 (2) 奥长花岗岩质片麻岩 (3) 花岗岩闪长质片麻岩 (4) 石榴石麻粒岩

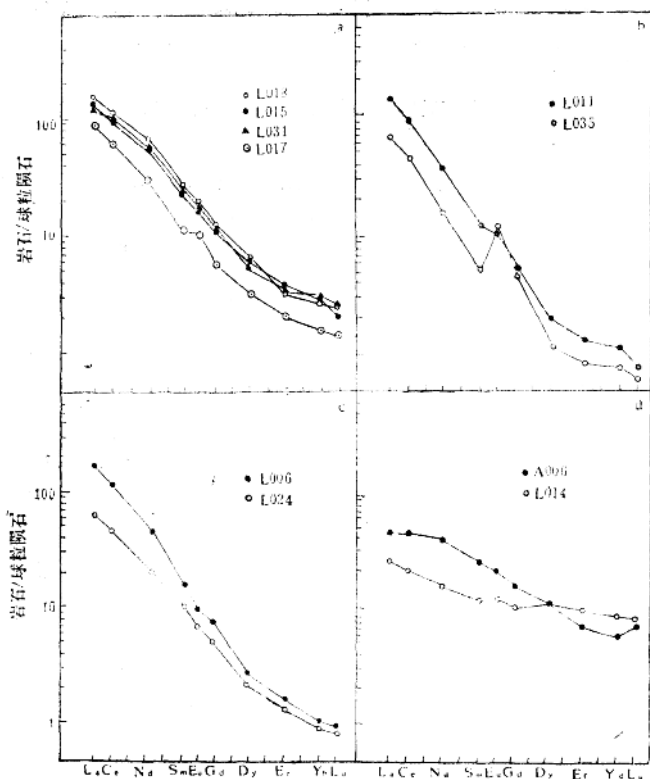


图5 样品稀土元素球粒陨石标准化分布型式

a. 英云闪长质片麻岩 b. 奥长花岗质片麻岩 c. 花岗闪长质片麻岩 d. 石榴石麻粒岩

## 四 讨 论

如前所述,在全球范围的太古代高级变质地体中,最主要的岩石单元是以TTG成分为特征的片麻岩系。但是,对于这些岩石的成因,却存在着严重的分歧和争议。归纳起来,最主要的有如下四种成因模式:

1. 认为太古代TTG质片麻岩是由杂砂岩类沉积物经过分熔而形成的 (Winkler 1967)。
2. 来自基性岩浆的结晶分异,其过程中涉及角闪石的分异(Arth等1978)。Goldich
3. 由石英榴辉岩或富石榴石角闪岩在地幔深度分熔而来 (Hanson 和 Goldich

1972)。

上述模式虽然仅为涉及TTG质片麻岩研究提出的主要成因模式，但恐怕已是包揽无遗了，确无必要再标新立异。在太古代片麻岩研究中的众所纷云状态，主要是由于此类岩石时代古老，构造变形强烈的缘故。十多年来，在太古代地质研究中，地球化学有了长足的进展。大量地球化学研究成果表明，第一种成因是不足为证的 (Hanson 和 Goldich 1972; Jahn 等 1981; Windley 1983; Day 和 Weiblen 1986)。

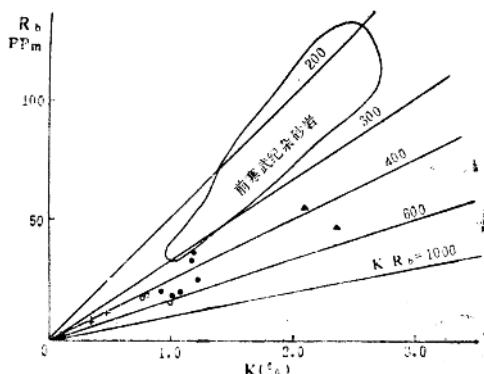


图6 Rb-K 变异图  
(据 Hanson 和 Goldich 1972)

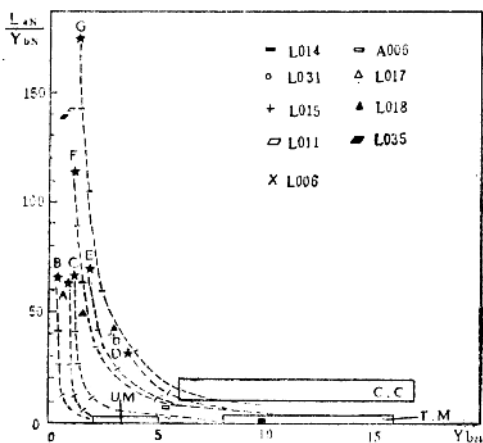


图7  $La_N/Yb_N - Yb_N$  (据 Martin 等 1983) U.M. 上地幔橄榄岩 T.M. 太古代拉斑玄武岩和现代 MORB C.C. 平均大陆地壳

将太古代太华高级变质地体中的片麻岩投入图6, 投点毫无例外全部落在了前寒武纪杂砂岩范围之外, 排除了他们源之杂砂岩的可能。此外, 片麻岩以高度分异的稀土分配型式为特点(图5a-c), 说明其源体曾发生过一定程度的分异, 即轻稀土有过富集(Jahn 等 1981; Martin 等 1983)。由此推断这些片麻岩不可能直接来自上地幔的分熔, 而可能源于角闪岩或榴辉岩(Martin 等 1983)。稀土元素丰度模拟计算表明, 片麻岩的源体来自发生过分异的玄武质物质。对本区而言, 最可能的源体是赋存于片麻岩中的石榴石麻粒岩色体。根据本区麻粒岩相变质作用的研究(孙勇 1982), 麻粒岩相变质作用经历过两个阶段, 即低压麻粒岩相变质(形成辉石麻粒岩)和其后的中——高压麻粒岩相变质(形成石榴石麻粒岩)。因此, 具玄武质成分的石榴石麻粒岩可能是太华地体中TTG质片麻岩的主要源岩。换言之, 太华地体中TTG质片麻岩是通过石榴石麻粒岩的分熔而形成的。

概括而言, 太华地体中片麻岩的形成可能经历了如下的演化阶段: (1) 地幔岩分熔形成玄武质岩石; (2) 玄武质岩石经物理条件变化而转变为中——高压石榴石麻粒岩; (3) 石榴石麻粒岩熔出TTG质岩石和(4) 经变形而形成片麻岩。

## 参 考 文 献

- [1] 孙 勇 (1982) 西北大学学报 (前寒武纪地质专辑) 44-65.
- [2] 孙 勇 (1985) 西北大学学报, 15, 70-77.
- [3] Arth J.G., Barker F., Peterman Z.E. and Friedman I. (1987) J. Petrol. 19, 289-316.
- [4] Barker F. and Arth J.G. (1976) Geology, 4, 596-600.
- [5] Compton P. (1978) Contrib. Mineral. Petrol. 66, 283-294.
- [6] Glikson A.Y. (1976) Geochim. Cosmochim. Acta, 40, 1261-1280.
- [7] Hanson G.N. and Goldich S.S. (1972) Geol. Soc. Amer. mem. 135, 179-192.
- [8] Hunter D.R., Barker F. and Millard H.T. (1978) Precambrian Res. 7, 105-127.
- [9] Jahn B-M., Glikson A.Y., Peucat J.J. and Hickman A.H. (1981) Geochim. Cosmochim. Acta, 45, 1733-1752.
- [10] Kober B. (1987) Contrib. Mineral. Petrol. 96, 63-71.
- [11] Martin H., C. and Jahn B-M. (1983) Precambrian Res., 21, 159-188.
- [12] O'Connor J.T. (1965) U.S. Geol. Surv. Prof. pap. 525B, 79-84.
- [13] O'Nions R.K. and Pankhurst R.J. (1974) Earth Planet. Sci. Lett. 22, 328-338.
- [14] Weaver B.L. and Tarny J. (1980) Earth Plan. Sci. Lett. 51, 279-296.
- [15] Weaver B.L. and Tarny J. (1981) Earth Plan. sci. Lett. 55, 171-180.
- [16] Windley B.F. (1983) The evolving continents (2ed.), pp8-11. Wiley and Sons, New York.
- [17] Winkler H.G.F. (1967) Petrogenesis of metamorphic rocks (2ed) pp 237. Springer Verlag, New York.

# 渭河盆地伸展机理

彭建兵

(西安地质学院)

**摘要:**渭河盆地的形成和演化与盆内及盆缘近东西向活断层的关系十分密切。在上地壳隆起、地壳减薄、壳内塑性层的水平流展和区域性引张应力场的联合作用下,因循先存逆冲断层的南部三条主伸展断裂(即渭河断裂、铁炉子——余下断裂、秦岭北缘断裂),向下缓倾呈铲状达中地壳低速——高导层转为韧性剪切带,它们的活动控制和调节着盆地上部地壳的水平伸展和地壳减薄,并牵动着盆地北部阶梯状正断层的不对称伸展拉伸,从而造成盆地的不断下陷。

## 一 引言

渭河盆地是我国大陆板内典型的新生代断陷盆地,它以盆地结构特殊、现代构造活动明显、地震活动强烈、地质灾害频繁而历来为中外地质学家所瞩目。许多学者对其作了大量的工作,并提出了一些有意义的见解。与多数人的“隆起背景下的拱张陷落”或“拉张陷落”的观点不同,笔者认为,地壳的水平伸展拉伸、主断裂的伸展滑脱作用在渭河盆地的形成及演化中起着决定性的作用。循着这一思路,作者详细研究了渭河盆地伸展断裂、伸展结构、伸展构造活动表象和伸展拉伸背景及条件,在此基础上建立了盆地伸展拉伸、倾滑陷落的过程和机理模型。

## 二 盆地伸展构造变形及特征

渭河盆地的伸展构造变形属性,集中反映在盆地的典型伸展断裂系、盆地伸展结构、伸展拉伸特征量和伸展构造活动标志等诸方面。

### 1. 典型的伸展断裂系及伸展结构

渭河盆地断裂构造普遍组合成“Y型”对偶系列、即伸展断裂系。其中渭河断裂、铁炉子——余下断裂和秦岭北缘断裂为生盆和控盆的主伸展断裂,盆地的新生代构造变形特点集中地反映在这三条断层及其上盘断块中。

(1) 渭河断裂:主体走向近东西,沿渭河发育,西安以西近地表断层倾向南,深部倾向北;西安以东倾向北,倾角 $65^{\circ}$ 左右,向下倾角变缓,剖面上呈铲式,三度空间上呈枢纽运动状。断层为第四系覆盖,断开老第三系1000—1500m,新第三系150—1000m,第四系50—600m,断距随深度增大(图1,渭河盆地伸展结构横剖面图)。

该断裂分割了盆地的基底,断裂以北的基底主要为古生代地层,以南则为太古——

本课题得到陕西省科委、中科院西安黄土与第四纪地质开放实验室的资助。

元古宙地层及中生代花岗岩。因此，该断裂形成较早。断裂近期活动明显，渭河河型及走向的变化明显受断裂控制，并成为强震、滑坡、地裂缝等地质灾害的集中发育带。断层垂直差异运动强烈，上盘作大幅度的伸展滑脱运动，断层两侧形成明显的地貌反差。

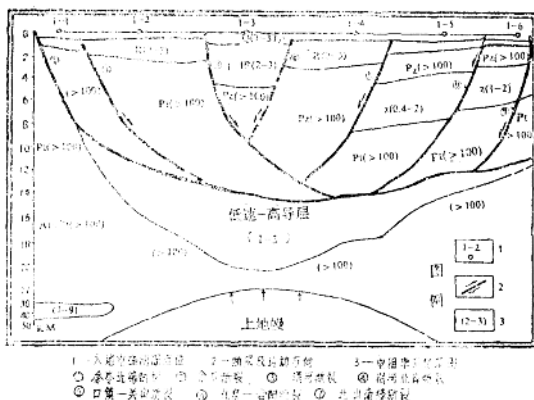


图1 渭河盆地基底伸展断裂及伸展结构横剖面图

(2) 铁炉子——余下断裂：位于渭河断裂以南，与渭河断裂近平行发育，倾向北，倾角上陡下缓呈铲状，为西安凹陷的南界。断裂以北老第三纪至第四纪地层齐全，断裂以南仅有上新统——第四系发育，缺失老第三系和中新统。断裂两盘第三系厚度差3700m，第四系厚度差98m，为第三系和第四系厚度差陡变带。

(3) 秦岭北缘断裂：为分隔秦岭山地与关中平原的天然分界线，长300余公里，主体走向近东西，断面北倾，倾角上陡下缓呈铲状。断裂长期作垂直差异运动，断裂北侧的上盘新生界厚度达7000m，秦岭主峰太白山海拔3767m，表明南升北降的垂直断距在10km以上。

断裂带南盘为元古宙变质岩、燕山期花岗岩，基岩中破碎带宽数百米至数公里。沿断裂一线断面十分清晰，三角面发育，温泉和地热异常线状分布，地震、滑坡和泥石流等地质灾害发育，断裂在深部还表现为重磁异常带。该断裂古生代就已形成，中生代活动强烈。主要表现为逆冲，新生代反向倾滑，转为铲形正断层（见图1）。

这三条伸展断裂相互平行，均为铲式正断层，从盆地中心向盆地南缘依次扩展，它们的三次依次伸展滑脱牵动了盆地北部反向阶梯状正断层向北依次扩展，北部正断层组实际上是南部三条主断层上盘的次级断层，它们的形成受主伸展断层支配。南部三条主断层与它上盘的北部正断层组的伸展组合结构型式，体现了在统一引张应力场作用下形成的伸展构造属性。

这种伸展习性在次级断裂中也有反映。北北东向展布的临潼——长安断裂及其上盘的次级断层也组成典型的伸展断裂系（图2 西安伸展断裂系图）。临潼老虎沟西沟，骊山北缘山前断层上盘第四系黄土中的次级断层，与主干断层组成明显的伸展组合（图3