

# 北秦岭造山带变形特征及其形成环境

吉让寿 秦德余 高长林

(地质矿产部石油地质中心实验室)

**关键词:** 褶皱构造组合 剪切推覆构造组合 北秦岭造山带

**提要:** 本文研究了北秦岭造山带不同时代、不同环境下形成的岩石变形记录,从构造组合出发,论述了北秦岭造山带以褶皱构造组合,右行韧性剪切构造组合为主要特征。褶皱构造组合表现为热软化褶皱构造,流动褶皱构造,扇形构造、同斜-平卧褶皱构造。在北秦岭造山过程中,宏观-微观构造在平面上表现为右行韧性剪切,在剖面上表现为剪切推覆构造组合。不同的褶皱构造组合与不同的推覆岩片之间的空间配置反映它们生成环境的差异,表明该造山作用席卷到地壳不同层次物质变形作用。

## 前 言

北秦岭地区,从早古生代中期秦岭洋开始向北单边俯冲消减到早泥盆世两侧大陆板块开始接贴,其间经历了一亿多年的板块构造发展既有联系又有区别的两个阶段(吉让寿等1990)。因此,北秦岭古生代造山带的形成过程,涉及太平洋型的俯冲消减造山作用和特提斯型的陆-陆碰撞造山作用。组成北秦岭造山带岩石的变形特征记录了上述造山作用的历史。这些岩石是:岛弧及岛弧基底岩系——前者为丹凤群火山-沉积岩系,后者为“秦岭群”中古结晶残块;大洋残片蛇绿岩;弧后盆地堆积和华北板块南缘晚元古代-早古生代大陆边缘沉积及其基底——前者为二郎坪群及相当地层,后者为陶湾群和宽坪群。上述不同时代的岩石,在秦岭洋俯冲消减和碰撞拼贴过程中,都经历了强烈的变形,构造样式繁多,变形十分复杂,勾画出了北秦岭造山带的主体构造面貌。结合区域地球物理资料分析,可以认为,北秦岭造山带实为一个巨型的构造楔形体。

研究北秦岭造山带的构造变形,必须首先研究其整体构造组合特征及其相应的配置关系,继而研究每一组合内部的构造细节,才能把握该造山带的变形样式。从这一观点出发,我们研究了北秦岭造山带的褶皱构造组合,韧性剪切推覆构造组合。

## 一、褶皱构造组合

北秦岭造山带发育的褶皱构造组合可以分为四类:第一类热软化褶皱构造组合;第二类流动褶皱构造组合;第三类扇形构造组合;第四类同斜-平卧褶皱构造组合。它们具有

一定的空间分布规律。

### (一) 热软化褶皱构造组合

在巨型造山活动带内, 较高的温度、压力, 特别是多种熔浆和含矿流体的存在, 不仅可热软化同构造期的堆积物, 也可热软化前构造期的古老残块。北秦岭造山带中广泛发育的热软化褶皱, 就是这种构造热事件的记录。

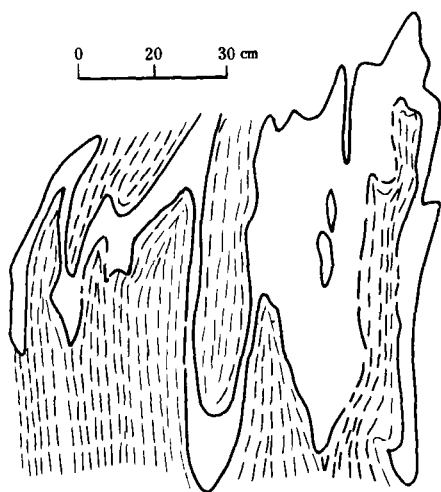


图 1 商南武关秦岭群中热软化褶皱

Fig.1 Thermal softening folds in Qinling group, Wuguan, Shangnan

据张秋生等(1980)研究, 大于 13 亿年的基底褶皱主要为开阔的复向斜和复背斜。我们在河南西峡-蛇尾、陕西商南武关、丹凤资峪沟和涌峪沟、商县五十里铺-北宽坪的构造剖面的研究中, 不仅观察到张秋生描述的褶皱, 而且观察到在“秦岭群”古老残块中发育与强烈混合岩化作用伴生的热软化褶皱构造组合。这种褶皱作用的特点是, 原先的黑云母斜长角闪片麻岩叶理与同构造期混合岩脉(白色, 同位素年龄为 400-460Ma)同时形成褶皱, 并互相协调。显然, 原先开阔的复背斜和复向斜的某些构造部位, 受到高温熔浆作用而软化, 并在强大的区域应力场作用下进一步褶皱。我们将这类褶皱作用称为热软化褶皱作用。就热软化褶皱发育的规模而言, 一种为小型的, 即在露头上可以观察到先成的片麻理与混合岩脉形成的紧闭褶皱; 混合岩脉发生强烈流动, 以至形成无根勾状褶皱, 而先成的片麻理则与混合岩脉协同褶皱(图 1)。这种小

型的热软化褶皱在秦岭群中分布很广, 其发育强度随混合岩化的强度而变化。另一种为大型的热软化褶皱。我们研究丹凤涌峪沟 17 公里长的剖面时, 发现秦岭群片麻岩是一个大型扇形褶皱。在该剖面上, 混合岩化作用十分强烈, 混合岩脉普遍发育。单个褶曲核部加厚, 翼部减薄。这种加厚和减薄现象由混合脉的褶皱形态显示出来; 先成片麻理与混合岩脉协调褶皱, 整体上构成了剖面上向下撒开、向上收敛的扇型构造。而在该扇形褶皱的不同部位, 发育了小型热软化褶皱, 使整个构造显得特别复杂而多姿多态。但这种小型热软化褶皱轴面倾向多随其所在扇形褶皱构造部位而改变, 整体上组成一个大型的热软化扇形褶皱构造组合(图 2)。

在北秦岭造山带中, 上述热软化褶皱构造组合, 有助于区别了同构造期褶皱作用和前构造期的褶皱作用, 也有助于判断巨型活动带内同构造期的堆积和前构造期的残块, 还指示了造山运动过程中, 区域构造热事件的强度。

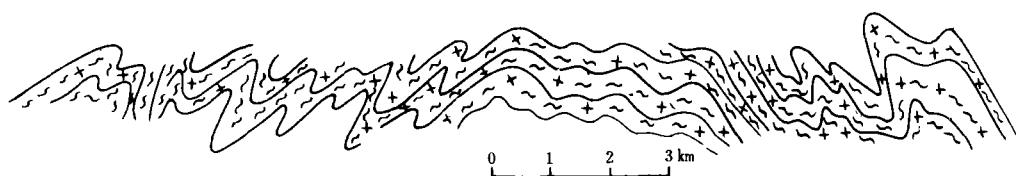


图2 丹凤涌峪秦岭群中热软化扇型褶皱

Fig.2 Thermal softening fan folds in Qinling group, Yongyu Danfeng

## (二) 流动褶皱构造组合

北秦岭造山带中发育的流动褶皱构成了一个褶皱序列: 顺层流动褶皱—— $\Omega$  式褶皱——肠状褶皱——无根勾状褶皱 (图 3)。组成该类褶皱的岩石多为各类灰岩和火山凝灰岩。它们不仅反映了变形岩石处于粘滞性状态, 而且反映了递进变形作用的存在。

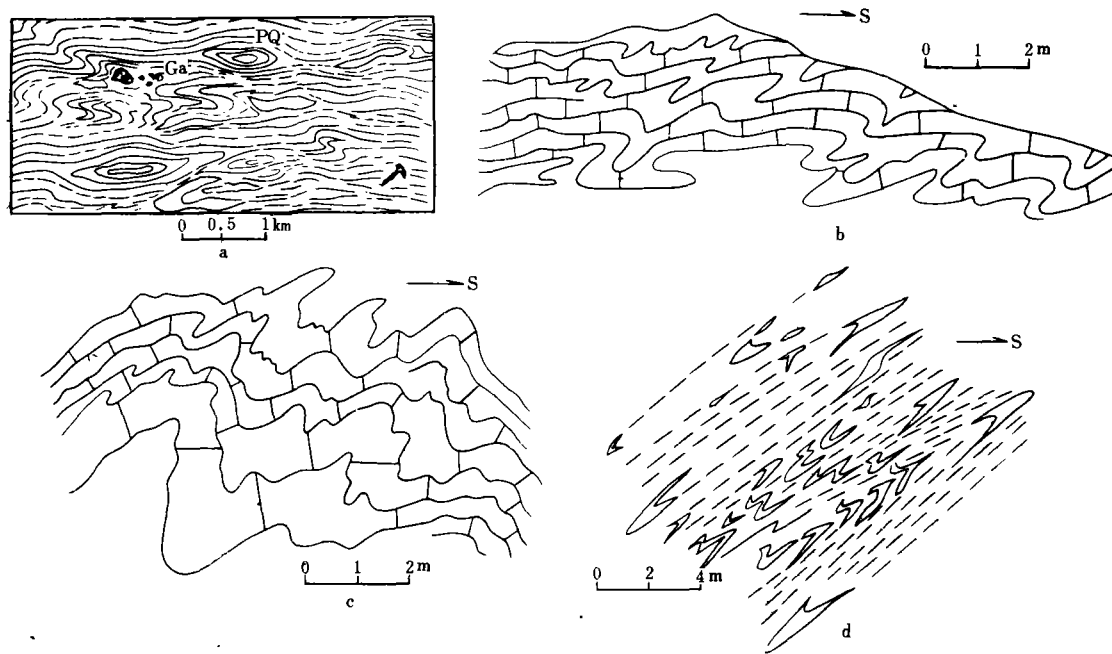


图3 流动褶皱构造组合

- a. 秦岭群大理岩中顺层流动褶皱, 商南武关(据许志琴等 1988); b. 二郎坪群灰岩中  $\Omega$  形褶皱, 高跃北; c. 秦岭群石墨大理岩中肠状褶皱, 河南西峡二龙桥; d. 秦岭群混合片麻岩中无根勾状褶皱, 丹凤资峪。

Fig.3. Flow folding structures

野外观察, 无论在剖面上或在平面上, 流动褶皱构造组合多集中发育在一些宽窄不一

的长条带内, 并与带外无明显的构造分界。这一分布特征表明, 流动褶皱构造组合发育的地带, 是一个强应力-应变集中带, 带内岩石处于粘滞性状态, 它们在剪切应力作用下, 形成一个剪切构造流动带, 显示可从带中心到两侧构造分带性。

将区内发育的流动褶皱构造组合与米列尔(1983)的实验对比, 可以利用这种构造分带性(图4)确定它们形成的环境相当于中-上地壳的温压条件。我们认为, 利用这种构造分带性划分褶皱变形期次是欠妥的, 倒是可以利用这种构造分带性, 帮助野外判断推覆构造的存在, 如Ⅲ带叠置在Ⅰ带上。

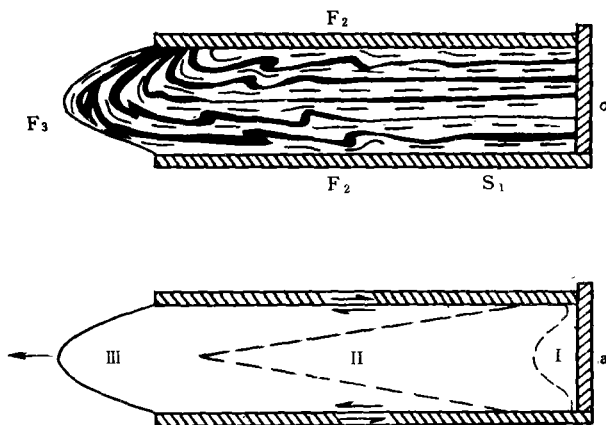


图4 单向严格顺层切向流动实验所获得的构造分带(据米列尔 1983)

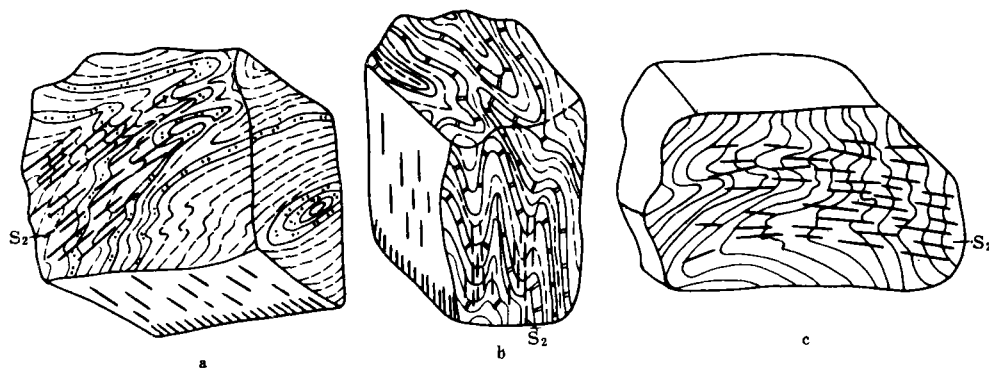
$\alpha$ -(I) 流速梯度低带; (II) 流速梯度偏高带; (III) 流速梯度高带;  $\sigma$ -各种构造形态分带

Fig.4. Tectonic zoning by experiments under strict unidirectional stratified tagential flowing conditions (Michel 1983)

### (三) 扇形构造组合

穿越北秦岭的多条剖面观察发现, 北秦岭造山带中发育了两类大型扇形构造组合。一类如前述, 是伴随着秦岭群的强烈混合岩化作用而发育的大型热软化扇形褶皱构造组合(图2); 另一类是在前4.2亿年左右发育的区域性劈理 $S_2$ 所构成的复式扇形构造组合(图5), 它们叠置在宽阔的复背斜和复向斜基底褶皱之上。这种由 $S_2$ 构成的复式扇形构造由多个单扇形组成向形复式扇形或背形复式扇形, 单个扇形的核部 $S_2$ 直立, 两翼倾向随扇形的形态而变。当扇把向上时, 南翼南倾, 核部直立, 北翼北倾(图5)。

上述两类大型扇形构造组合, 可能比较一致地反映了北秦岭不同地段处于相同强度的区域构造应力场作用下面不同地段的温度、熔浆、含矿流体则不同的构造背景中。

图 5 秦岭群中  $S_2$  构成的扇形构造

(据许志琴等, 1988),

a. 豹皮沟北; b. 豹皮沟中; c. 豹皮沟南

Fig.5.5 Fan structures formed by  $S_2$  in the Qinling group, Baopigou, Wuguan, Danfeng.

#### (四) 同斜-平卧褶皱构造组合

在商县-北宽坪、西峡-蛇尾等剖面研究中,发现秦岭群上部的大理岩发育了同斜-平卧褶皱构造组合,它们多分布在北秦岭仰冲推覆体的岩席内,不少成为飞来峰构造。同斜-平卧褶皱的单个褶曲核部增厚,翼部减薄,显示了物质的一定流动,但远没有前述的热软化褶皱、流动褶皱那样强烈。从组成这类褶皱的大理岩包裹体测得的均一温度多在 300℃ 左右,表明它们形成于相当地壳 10 公里深的条件下,比流动褶皱形成的温压条件低,比热软化褶皱形成的温压条件低得多。

在剖面研究中,发现这类同斜-平卧褶皱的产状变化有一定规律性,即单个褶曲的轴面产状与其所在的韧性逆冲断裂带的产状有角度关系:当断裂带倾角较陡时,趋向发育同斜褶皱;当断裂带倾角较缓时,趋向发育平卧褶皱;而当断裂带倾角不在 30° 时,趋向发育同斜-平卧褶皱的过渡型(图 6)。这表明,这类同斜-平卧褶皱构造组合的发育与韧性逆冲断层作用紧密相关。利用上述关系,有可能帮助我们判断同一韧性冲断裂带在不同区段可能存在的倾角变化趋势。

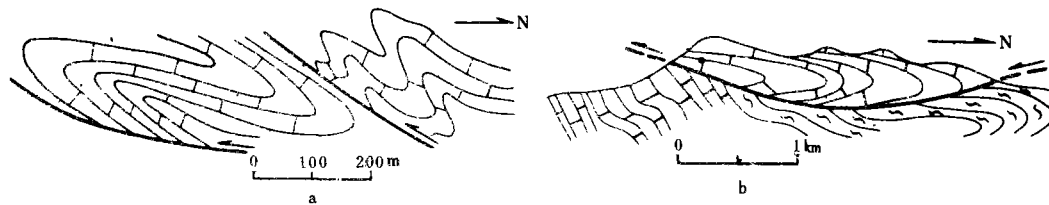


图 6 同斜-平卧褶皱构造组合

a. 宽坪群中同斜-平卧褶皱. 北宽坪; b. 秦岭群大理岩平卧褶皱构成飞来峰

Fig.6 Isoclinal recumbent folds

综上所述,北秦岭在造山运动期间,发育了热软化褶皱构造组合、流动褶皱组合、扇形构造组合、同斜-平卧褶皱构造组合。它们的成因机理和成生环境虽不尽相同,但恰恰反映了该造山作用涉及的范围之广,它们发生在相当于中地壳、中-上地壳的温压条件下。

## 二、右行韧性剪切推覆构造组合

大型韧性剪切带及其为边界的推覆构造组合,是阿尔卑斯型造山作用的最主要构造型式。北秦岭不同级别的韧性剪切带、不同规模的推覆岩片的重要特色,是它们的右行韧性剪切推覆。

### (一) 右行剪切证据

#### 1. 右行雁行排列的前陆盆地

在泥盆纪期间,商丹断裂带的南侧发育了大型的前陆盆地。该前陆盆地的沉和中心、沉积等厚度线和分隔沉降-沉积的水下隆起,为右行雁行排列,雁列角一般在 $15^{\circ}$ 左右。形成这类雁行排列的力学状态为压性兼右行剪切。而雁列本身则具强剪性(吉让寿, 1985),这与北秦岭由北向南仰冲并同时形成多条右行韧性剪切带的区域应力场相吻合。

#### 2. 同构造期混合岩脉呈右行排列

北秦岭广泛发育了同构造期的混合岩化作用,形成了混合花岗岩、条纹-条带状混合岩和眼球状混合岩。野外至少可以十分明显地分出两期混合岩化作用。一期为白色的花岗质混合岩;一期为肉红色的花岗质混合岩。前者以钠质交代为主,形成于420Ma;后者以钾质交代为主,形成于340Ma(张秋生等1980)。在北秦岭,常见白色混合岩脉沿先成叶理面贯入,本身为右行雁行排列,指示右行剪切的力学特征。

#### 3. 显微构造显示右行剪切

商丹断裂带作为华北板块与扬子板块的主缝合带,我们研究了发育于其中的摩棱岩显微构造(金淑英,吉让寿等1989),发现四种不对称组构:a)  $\sigma$ 型和 $\delta$ 型长石旋转碎斑系;b)石英多晶条带斜交于摩棱叶理;c)长石破碎位移形成不对称石香肠;d)平行于摩棱叶理的云母鱼及其结晶尾与云母(001)解理大致成 $30^{\circ}$ 交角。上述不对称显微构造均指示右行剪切。

### (二) 剖面上剪切推覆

我们观测了大量的构造变形剖面和应变标志物的应变特征,提出北秦岭推覆构造具平面上右行剪切、剖面上剪切推覆的特点。剖面上剪切推覆的最好证据是北秦岭出露的不同时代的岩石中应变标志物的应变特征。在北秦岭,反映应变状态的多种应变标志物,不

管其应变时在不同地段怎样变化, 但其应变椭球体的  $xy$  面都平行或接近于区域性叶理面, 北倾, 倾角  $40^{\circ} - 70^{\circ}$ ,  $xz$  面垂直于区域性叶理面, 走向近南北。应变标志物的这种产出特征, 反映了北秦岭推覆体为剖面上剪切推覆, 其推覆方向由北而南。

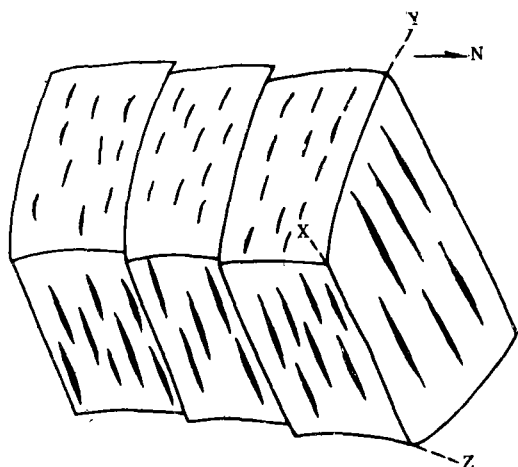


图7 北秦岭造山带中应变标志物产状特征

Fig.7. Occurrence of strain markers in the north Qinling orogenic belt

### (三) 推覆体构造组合

北秦岭作为华北板块与扬子板块巨型碰撞拼贴的造山带, 像阿尔卑斯型造山带一样, 发育了大型韧性推覆体。商丹断裂北侧, 洛南-滦川断裂南侧, 分布的丹凤群、蛇绿岩、秦岭群、二郎坪群及其相当的地层、宽坪群、陶湾群, 组成了北秦岭巨型韧性推覆系。根据分割上述地层的韧性推覆带发育的强度, 地层叠置关系, 构造组合样式、变质程度和岩浆活动特征等, 我们将北秦岭推覆体分为三个次级的推覆岩片 (图8), 即由丹凤群组成的前缘推覆岩片 (I); 由蛇绿岩和秦岭群组成的中部推覆岩片 (II); 由二郎坪群等、宽坪群, 陶湾群组成的后缘推覆岩片 (III)。上述推覆岩片之间均以一条主韧性剪切推覆带构成其前缘边界, 而每个次级岩片内部构成叠瓦状构造, 它们整体由北北西向南南东方向推掩。

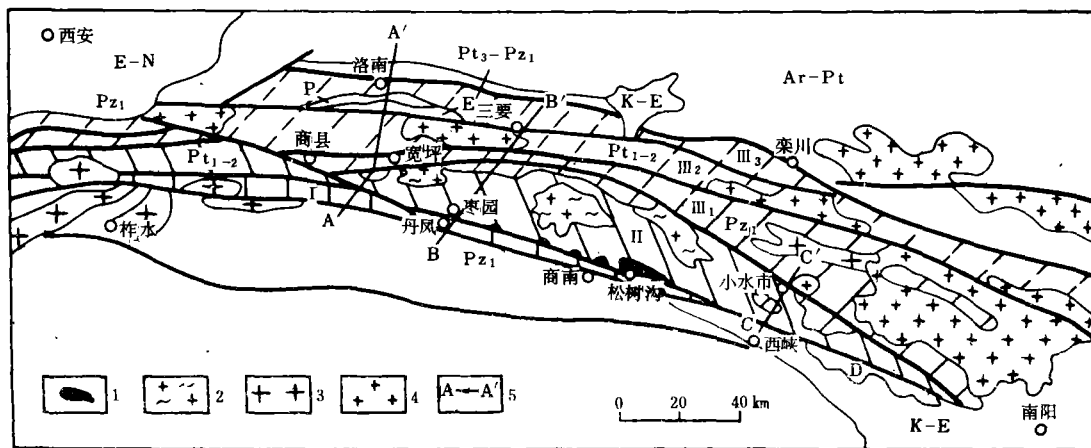


图8 北秦岭造山带推覆体平面分带图

I 前缘推覆岩片; II 中部推覆岩片; III 后缘推覆岩片

Fig.8 Nappe distribution in the north Qinling Orogenic belt

I Front nappe sheets; II Middle nappe sheets; III Back nappe sheets

根据韧性剪切推覆带内发育的糜棱岩和同构造混合岩化花岗岩同位素年龄资料,北秦岭推覆构造主要发育于 460—340Ma 期间,但后期改造也十分明显,以至某些地质学家将该推覆构造主活动期划归印支——燕山期不无一点道理。

将北秦岭分隔成三个推覆岩片的三条主韧性剪切推覆带商丹带、枣园-松树沟带、宽坪-小水市带有如下共同特点: a) 广泛发育了糜棱岩; b) 剪切应变和线应变由剪切带中心向两侧递减; c) 广泛发育了鞘褶皱, A 型褶皱和 S-C 叶理; d) 显微构造显示右行剪切; e) 应变标志指示剖面上剪切推覆, 推覆方向由北而南, 但不少次级岩片内部发育了反向逆冲断层。

这三条韧性带的构造特征差异表现为: 商丹带以粗糜棱岩为主, 局部见超糜棱岩, 带内混合岩化作用微弱, 带的旁侧多发育同斜褶皱或陡倾同斜褶皱; 枣园-松树沟带内发育了糜棱岩和超糜棱岩以及小型热软化褶皱, 混合岩作用普遍而强烈, 岩脉多呈压扁拉长的眼球; 宽坪-小水市带以糜棱岩为主, 带内多见流动褶皱构造。

### (1) 前缘推覆岩片(I)

界于商丹带与枣园-松树沟带之间(图 9), 岩片由丹凤群构成, 被 5-6 条韧性-脆韧性逆冲断裂分隔, 组成叠瓦状构造。逆冲断裂之间由丹凤群不同层位的地层构成向北陡倾的同斜褶皱, 在本岩片北部受混合岩化作用而发育了小型热软化褶皱, 它们构成了褶皱-推覆构造组合。

前缘推覆岩片(I)以地壳分划性断裂带商丹带为南界, 绿片岩相-低角闪岩相的丹凤被群推掩到扬子板块北缘泥盆纪低绿片岩相的刘岭群之上, 变质相明显倒置。

### (2) 中部推覆岩片(II)

界于枣园-松树沟带和宽坪-小水市带之间, 蛇绿岩和秦岭群及混合岩化花岗岩等构成推覆岩片(II), 它又被多条韧性逆冲断裂带切割。该岩片在横向上有两类不同构造型式: 在河南西峡以西多条次级逆冲带组成叠瓦状构造, 整体由北向南推覆(图 9A、B); 在西峡以东的研究区内, 该岩片分别向南、向北推覆, 形成“花式构造”, 秦岭群等地层分别被推覆到南侧的丹凤群和北侧的二郎坪群之上(图 9C)。

本岩片的最大特点是由于构造应力、熔浆、高温含矿流体的作用, 使古结晶残块受到强烈的再造, 内部发育了扇形褶皱、热软化褶皱, 无根勾状褶皱以及由  $S_2$  构成的扇形构造, 混合岩化作用强烈。

叠加在秦岭群之上的同构造期变质作用为区域热动力变质作用, 兼具中压相系和低压相系的特点(张秋生等 1980)。

这些特征是板块仰冲拼贴所特有的构造-变质作用。

### (3) 后缘推覆岩片(III)

界于枣园-小水市带和洛南-栾川带之间, 由三个更次级的岩片组成, 由南而北为  $III_1$  岩片, 由二郎坪群及其相当的地层构成;  $III_2$  岩片, 主要由宽坪群基底岩系构成;  $III_3$  岩片, 主要由陶湾群构成。它们组成了一个向南、向上撒开, 向北、向下收敛的推覆楔形体, 推覆在秦岭群上。

$III_1$  岩片内部多条逆冲断裂将二郎坪群分隔成数个同斜褶皱-逆冲构造所组成的叠



瓦状构造, 而近分隔性断裂处广泛发育了流动褶皱构造。二郎坪群的变质作用一般为绿片岩相, 混合岩化作用普遍微弱, 面理置换也不强烈。

Ⅲ<sub>2</sub> 岩片为变质较深、面理置换强烈而混合岩化作用不甚明显的宽坪群构成, 2-3 条韧性逆冲断裂及其间北倾同斜-平卧褶皱呈叠瓦状, 多见大理岩构成飞来峰。

Ⅲ<sub>3</sub> 岩片由面理置换十分强烈的片状绿泥石大理岩的陶湾群构成。岩片内片理形成紧密褶皱, 轴面近水平, 与向北倾的滑劈理构成韧性剪切推掩构造组合。

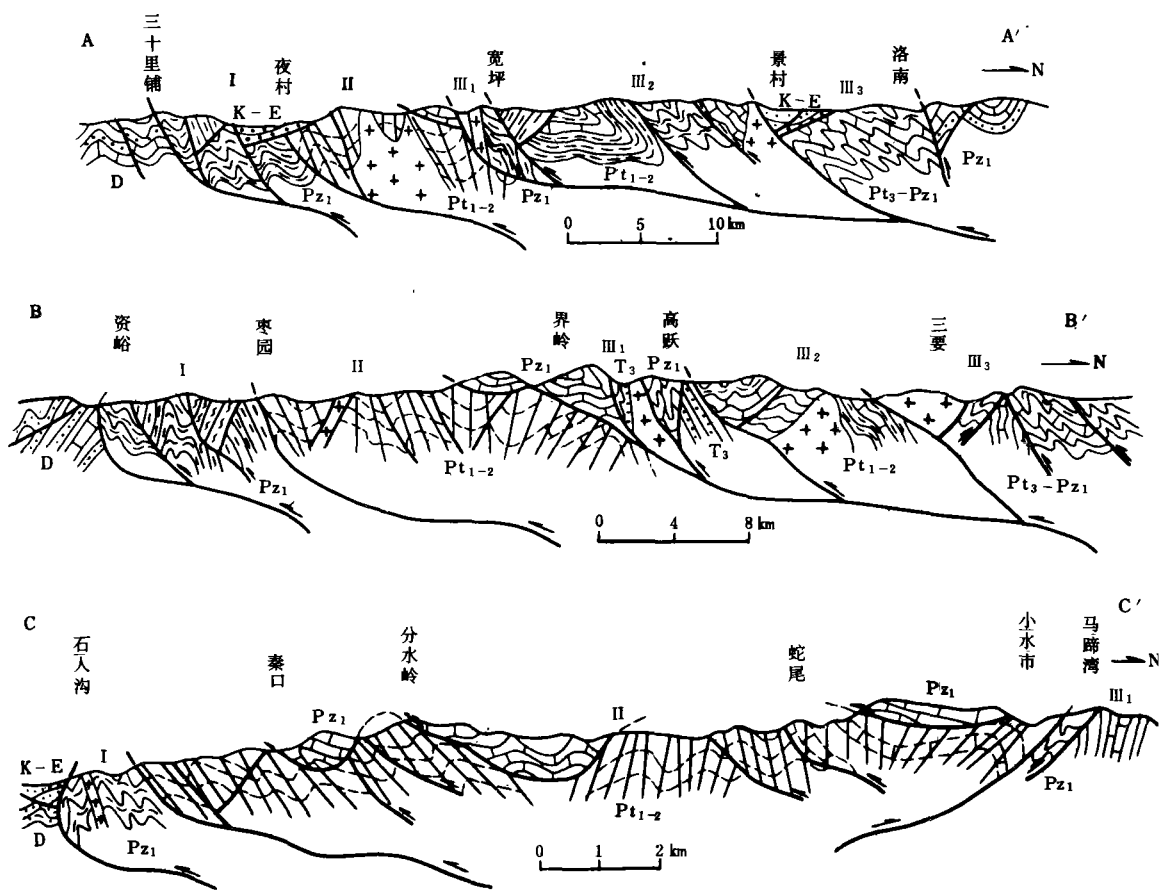


图 9 北秦岭造山带推覆体剖面图

A. 三十里铺-洛南剖面; B. 丹观资峪-三要剖面; C. 西峡秦口-小水市剖面

Fig.9. Nappe profile of the north Qinling Orogenic belt

需要强调的是, 后缘推覆岩片 (Ⅲ) 内部的这种构造布局, 与华北板块南缘晚元元古代-早古生代期间由两拗-隆的被动大陆边缘转化为活动大陆边缘<sup>①</sup>的构造边界紧密相

①秦德余等, 1989, 扬子北缘古生代盆地构造演化及油气远景 (国家75-54-02的三级专题报告)

关,先成的隆-拗边界,在板块碰撞拼贴过程中转化为后缘推覆岩片(Ⅲ)内部的韧性剪切推覆带。

综上所述,北秦岭发育的右行韧性剪切推覆构造组合及其岩片内部变形、变质、岩浆活动强度及其差异,反映了它们形成的环境差异,与褶皱构造组合一样,反映了秦岭造山带形成过程中,将不同环境、不同时代的岩石都卷入了板块俯冲消减和仰冲拼贴的造山运动中。

### 三、北秦岭造山带构造变形环境初步分析

众所周知,一定的构造-岩石组合反映一定的构造形成环境。J.G.Ramsay (1983)指出:“在造山带深部(>10公里)发现韧性剪切带,向上,向外变为半脆性、脆性剪切带”。岩石学家研究岩石矿物变形特征,指示它们形成的相应环境。矿物包裹体的温度测定,直接揭示被测定矿物形成的条件。

#### (一)构造岩形成的环境分析

我们采集了北秦岭韧性剪切推覆带的构造岩标本100多块,块制成薄片,观察了构造岩中石英、长石显微构造特征。

##### 1. 石英显微构造特征

石英普遍发生塑性变形如波状消光、带状消光、扭折带等,更值得重视的是由动态重结晶颗粒或亚颗粒形成了大量的条带状石英,且分为单晶条带和多晶条带。A. Vauchex (1980)曾研究过多晶条带的形成过程及其演化阶段。张曾荣等(1988)而在大气压条件下对石英和集合体的变形实验表明,单晶条带形成于 $600^{\circ}\text{C}$  -  $700^{\circ}\text{C}$  ( $\dot{\epsilon}=10^{-4}/\text{秒}$  -  $10^{-5}/\text{秒}$ ),而温度大于 $850^{\circ}\text{C}$  ( $\dot{\epsilon}=10^{-5}/\text{秒}$ )时出现多晶条带。因此,北秦岭构造岩中石英显微构造特征可与实验 $600^{\circ}\text{C}$  -  $850^{\circ}\text{C}$ 温度条件对比,它们大致形成于相当中地壳的条件下。

##### 2. 长石显微构造特征

北秦岭构造岩中的碎斑多为钾长石和斜长石,研究它们的变形特征可以近似地揭示地壳的流变性状(Tulliss 1987)。本区构造岩中长石碎斑呈眼球状和透镜状,具波状消光,并发生塑性旋转,出现弯曲的格子双晶,边部磨碎,形成重结晶小颗粒。并在塑性变形中形成S型和拖尾构造。

据张曾荣等(1988)对长石变形的实验研究,秦岭构造岩中长石变形特征形成于 $950^{\circ}\text{C}$ ,围压400MPa的条件下。这与张国伟等(1987)认为商丹断裂沙沟段摩棱岩形成于地壳15-20公里的条件大致相当。

#### (二)矿物原生包裹体研究

在商南松树沟、丹凤资峪、丹凤涌峪、宁陕广货街的剖面上,我们采集了一定数量的

包裹体测量标本。其岩石多为各类韧性变形-半韧性变形构造岩。测定矿物为石英。

矿物原生包裹体的特征为气、液二相, 气相与液相比在 5% - 40% 之间, 其形态多为不规则状、浑圆状, 少数为长方状, 大小为 1-15 $\mu$ 。液相多无色透明, 气相主要为无色, 其次为深灰色, 黑色。

对包裹体用均一法和爆破法两种方法测定其温度, 结果大致集中在 300℃ - 350℃ 之间(均一法), 见表 1:

表 1 石英包体测温结果

Table 1 Results to measure temperature of quartz inclusions

样品号	矿物名称	采样位置	均一法				爆破法		
			测定数	平均温度	最佳温度	温度范围	起爆温度	最大爆频温	爆破温度区向
包(1)	石英	商南松树沟	4	303℃	300℃	289-330℃	320℃	335℃	320-460℃
包(2)	石英	丹凤资峪	4	311℃	320℃	277-350℃	3-5℃	389℃	305-454℃
包(3)	石英	丹凤资峪	5	327.6℃	350℃	280-390℃	284℃	357℃	284-421℃
包(4)	石英	丹凤资峪	4	268.5℃	281℃	250-330℃	268℃	340℃	268-400℃
包(5)	石英	丹凤资峪	4	283.5℃	289℃	261-300℃	292℃	358℃	292-289℃
包(6)	石英	丹凤资峪	5	276.4℃	280℃	265-289℃	298℃	367℃	298-440℃
包(7)	石英	丹凤涌峪	4	286.6℃	292℃	250-320℃	276℃	352℃	276-417℃
包(8)	石英	宁陕广货街	4	266.5℃	270℃	235-290℃	264℃	348℃	264-410℃
包(9)	石英	宁陕广货街	4	244.5℃	250℃	230-267℃	/	/	/

\* 由中国地质大学(武汉)矿床教研室包体实验室测定(1988)

北秦岭仰冲推覆岩片构造岩中石英包裹体测温所反映的构造形成环境与显微构造研究所反映了构造形成环境似乎有一些矛盾。若就包裹体测定的温度范围解释构造形成时静水压力下的地壳深度大致形成于 10 公里左右的范围内。但是, 北秦岩仰冲推覆岩片是在该区域内形成多条应力-应变集中带的背景上发生的。大量的含矿热水溶液和花岗质熔浆沿着这些应力-应变集中带贯入, 发生混合岩化作用和其它变质作用及韧性-半韧性变形作用。总体状态为粘滞性, 并伴有一定的动流。但是, 这些热的气、液被结晶矿物捕获时, 仰冲推覆体已处于动态的推覆过程中, 因此, 其包裹体形成的温度所反映构造推覆时的地壳深度必然要浅。

## 结束语

北秦岭造山带是早古生代秦岭详向北单边俯冲消减并随后右行仰冲碰撞而形成的巨型山链。研究该山链不同时代、不同环境、不同层次的岩石变形记录揭示,在北秦岭造山运动期间,发育的褶皱构造组合主要为热软化褶皱构造组合、流动褶皱构造组合、扇型构造组合、同斜-平卧褶皱构造组合。它们虽然各自形成机制和环境有所不同,但均反映了在造山过程中,中地壳,中-上地壳的岩石都卷入了造山褶皱变形作用。北秦岭韧性剪切推覆系是该造山带的又一重要构造型式。由北而南,三条主韧性剪切推覆带将该推覆系分成三个次级的推覆岩片,它们依次一个叠置在另一个之上,形成一个向南、向上撒开,向北、向下收敛的巨型构造楔形体,并推覆叠置在扬子板块北缘泥盆纪前陆盆地之上。每一次级岩片内变形,变质强度的差异,与上述不同褶皱构造组合的空间配置,协调一致地反映了北秦岭推覆系形成的不同环境,表明,卷入这个巨型造山带的物质是地壳不同层次、不同环境中的岩石。而根据显微构造研究和原生包体测温,结合有关矿物变形实验研究,有理由认为北秦岭各种型式的变形构造形成于相当于中地壳和中-上地壳的环境中。

## 参 考 文 献

- 吉让寿,秦德余,高长林 1990, 古东秦岭洋关闭和华北与扬子两板块拼合, 石油实验地质 Vol.12 No.4
- 张秋生等, 1980, 中国东秦岭变质地质, 吉林人民出版社。
- ЮБ米列尔, 1983, 变质杂岩构造发育的现代概念, 《国外地质科技》, 1985, 1, 林彻译自《геотектоника》
- 许志琴等, 1988 东秦岭复合山链的形成-变形、演化及板块动力学 中国环境科学出版社。
- 吉让寿, 1985, 湖南锡矿山初始雁行张裂隙脉的研究, 1 (31) 地质论评。
- 金淑英, 吉让寿等, 1989, 东秦岭丹凤-商南剪切带构造岩的研究 地球科学《纪念李四光诞辰100周年》(增刊)
- 张国伟等, 1988, 秦岭商丹断裂边界地质体基本特征及其演化, 张国伟等著《秦岭造山带的形成及其演化》(论文集), 西北大学出版社。
- Ramsay J.G. 1983 Roek Ductility and its Influence on the Development of Tectonic Structures in Mountain Belts. Ed. By K.J.Hsü: Mountain Building Processes, -London: Academic P. P111-127
- Vauchex A. 1980, Ribbon Texture and Delormation Mechunism of Quarts in a Mylonitized Granite of Great Kabylia (Algeria ), Tectonophysics, 67.
- Tullis J. and Yund R.A. 1987, Transition From Cataclastic Flow to Dislocation Creep of Feldspar: Mechanisms and Microstructures, Gelogy, 15.

## THE DEFORMATION CHARACTERS AND DEVELOPING ENVIRONMENTS FOR THE NORTH QINLING OROGENIC BELT

Ji Rangshou    Qin Deyu    Gao Changlin

*(The Central Lab of Petroleum Geology, MGMR)*

### Abstract

The North Qinling Orogenic Belt is an immense mountain chain resulted only from northward single-side subduction and following collision of Qinling ocean in early Paleozoic. This paper studies the deformation records of rocks formed in different time and different conditions in the mountain chain. In view of tectonic deformation assemblages, the paper indicates that the orogenic Belt is dominantly characterized by its fold structural assemblage and dextral ductility shear nappe assemblage. They reflect a variety of deformation and its environments in the orogenic belt. Deformation experiments of microstructures and flowing folds and temperatures determined by original mineral inclusions show that deformation of this orogenic belt were developed in the middle and middle-upper crust.

**Key words**    North Qinling orogenic belt, fold structural assemblage, shear nappe assemblage