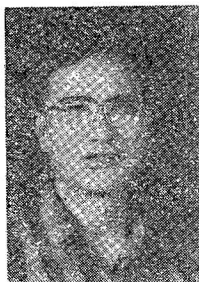


## 问题讨论

# 小秦岭地质构造新认识

胡正国 钱壮志

(西安地质学院, 地质系)



本文初步厘定了小秦岭区域构造格局及其动力学背景。将小秦岭划分为两个次级构造单元, 北部基底岩系上隆区(太华台拱)及南部盖层沉积区(金堆-卢氏台凹)。北侧紧邻渭河断凹。两者之间为一套古老糜棱岩代表的韧性剪切带所分隔。自中、新生代以来, 该区处于伸展构造环境, 中南部(金堆-卢氏台凹)、北部(渭河断凹)为多期拆离构造, 中部(太华台拱)抬升, 形成了“拆离-变质杂岩核”构造, 该构造控制着本区的金矿。

**关键词** 小秦岭 韧性剪切带 伸展体制 拆离-变质杂岩核构造

小秦岭地区金矿地质工作自70年代进入了一个鼎盛时期。80年代以来, 地矿部组织了大规模的科技攻关, 这就不但揭示了本区黄金资源的巨大潜力, 而且也为区域地质研究积累了丰富资料。现在可以肯定, 小秦岭是在长期伸展体制下发育起来的典型“拆离-变质杂岩核”构造区, 其形成演化的全过程决定了区内金矿成矿作用的序列性和系列性表现。

## 1 区域地质构造特征

位于豫陕边境的呈东西向的小秦岭, 它属于华北古陆核南缘的活动带, 南以铁炉子-黑沟断裂与北秦岭加里东造山带相邻, 北以太要-故县断裂与渭河断凹相接, 东西两侧均为新生代裂陷盆地所围限, 形成了一突起山地(图1)。其内可划分为两个三级构造单元<sup>[1]</sup>: 北部的太华群出露区即北部太华台拱和南部的元古代盖层出露区, 即金堆-卢氏台凹。其间为横贯全区引张型的小河-朱阳断裂系。

太华群生成年龄为 $2\,500-2\,600\text{Ma}$ <sup>[2]</sup>, 变质年龄为 $2\,261.9\pm 113.9-2\,301.0\pm 110\text{Ma}$ (沈阳地矿所、陕西六队), 其岩石组合为片麻岩、斜长角闪岩、变粒岩及大理岩等, 未见底。以往在未深入分析其原岩特征的情况下, 沿用地层对比的思路共提出过八种方案<sup>[2]</sup>, 80年代基本统一为两种方案。地矿部“七五”重点科技攻关成果<sup>[2]</sup>、<sup>①</sup>从原岩组合及地壳形成演化的总体规律分析入手, 提出了二分的意见, 即下亚群双峰式岩套和上亚群孔兹(表壳)岩系, 对上亚群则仍采用以往分组对比方案(表1)。

对太华群上亚群的研究, 由于以往工作地域分隔和剖面属地差异, 特别是在对区域构造格局缺乏客观全面认识的情况下, 把本来完整连贯的、分布于向东、西倾没的复背形上的地层实体, 人为地穿插分割和组合(蒲峪组是王亨沼1982年在陕西蒲峪建立, 但却置于河南方案中; 而焕池

<sup>①</sup> 郭福祺等, 小秦岭金矿带潼峪地区(含驾鹿)成矿地质条件、找矿方向及矿床成因研究, 1988, 本文1992年8月收到, 1993年3月改回; 王毅编辑。

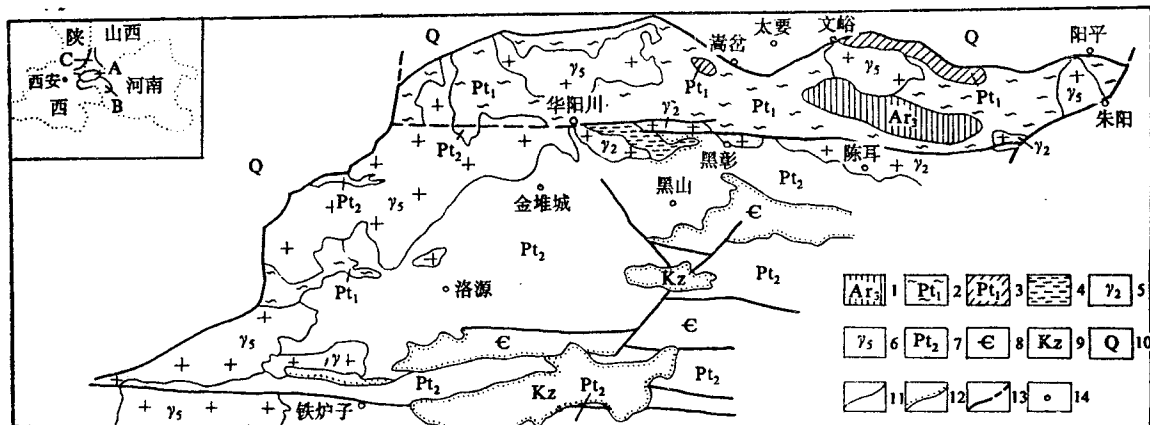


图 1 小秦岭区地质略图

Fig.1 Simplified geologic map of Xiaqingling region

1—太华群双峰式岩套；2—太华群碎屑岩类组合和钙泥质-碎屑岩类组合（未分）；3—太华群碳酸盐岩类组合；4—糜棱岩；5—晋宁期花岗岩；6—燕山期花岗岩；7—元古界；8—寒武系；9—新生界；10—第四系；

11—地质界线；12—不整合面；13—断层（推测及实测）；14—村镇

1—Bimodal suite of Taihua Group; 2—detrital and time-mud-detrimental assemblage of Taihua group; 3—carbonate assemblage of Taihua Group; 4—mylonite; 5—Jingningian granite; 6—Yanshanian granite; 7—Proterozoic; 8—Cambrian; 9—Cenozoic; 10—Quaternary; 11—geological boundary line; 12—unconformity; 13—fault; 14—valleges and small towns

表 1 太华群划分方案对比

Table. 1 Comparison between the classification schemes on Taihua Group.

| 河南省区调队<br>(1982)                    | 陕西省六队<br>(1982)                                    | 沈阳地矿所1989<br>西安地质学院1988                                        | 本 文                                                                   |
|-------------------------------------|----------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|
| 抢马峪组<br>观音堂组<br>阎家峪组<br>焕池峪组<br>蒲峪组 | 桃峪组<br>秦仓沟组<br>三关庙组<br>洞沟组<br>板石山组<br>大月坪组<br>焕池峪组 | 秦仓沟组<br>三关庙组<br>洞沟组<br>板石山组<br>双峰式岩套:<br>英云闪长岩、奥长花岗岩等<br>拉斑玄武岩 | 孔兹岩系:<br>碳酸盐岩类组合<br>钙泥质-碎屑岩类组合<br>碎屑岩类组合<br>双峰式岩套:<br>TTG 杂岩<br>拉斑玄武岩 |

峪组为符光宏1980年在河南焕池峪建立，又引入了陕西方案中）；实际观察表明，除观音堂组（板石山组）石英岩和焕池峪组（西部玉石峪出露的三关庙组）大理岩可在各剖面上实地划分外，其它各组则因岩性相近或相同，以及频繁交替组合，而根本无法区分。但从岩石组合上分析则不难看出上亚群随时间而呈规律性演化：碎屑沉积（以石英岩类为主）→钙泥质-碎屑沉积（以片麻岩及变粒岩类为主）→碳酸盐类沉积（大理岩类为主）。

太华群经历了多期变形-变质作用改造，作为现今变形分析依据的面理（片麻理），均为 $S_2$ 乃至 $S_3$ 成份（图2），又有穹窿和短轴褶皱发育<sup>①</sup>，并出现了多类顺层韧性剪切带（图3），均清楚显示早期热穹窿伸展体制下的横向构造置换特征。因此，这类角闪-麻粒岩相的高级变质岩类组合已经不是真实的地层单位，而构造减薄和增厚作用给研究工作带来很大的困难。

① 贺水清，陕西前寒武系初步总结，陕西区调队，内刊，1981，

金堆-卢氏台凹北部出露了少部份太华群(“秦仓沟组”),以及穿切其中的熊耳期以前的二长花岗岩岩基,其余地区均为元古代(及上覆下古生界)和燕山期花岗岩。在北部尚零散叠置有新生代河湖相沉积。

“秦仓沟组”是陕西六队1982年建立,为一套混合岩、混合片麻岩及角闪斜长岩组合。出露东西长17km,南北宽5 km。其西侧被老牛山花岗岩所截蚀,东侧和南侧为高山河组不整合超覆,其间尚有二长花岗岩穿插吞蚀,致使其出露较零散和局限,同时还有伟晶岩脉、花岗岩脉、辉绿岩脉、正长斑岩脉及云煌岩脉等穿切。

经笔者等研究<sup>[3]</sup>,“秦仓沟组”实为一古韧性剪切带所形成之大型糜棱岩带。以长英质和角闪质糜棱岩为主,具初糜棱岩、糜棱岩、超糜棱岩及变晶糜棱岩等类型。有极典型和丰富的塑性变形和运动学标志:旋转碎斑系、流动条纹、S-C组构、A型和鞘褶皱(图4)、微石香肠、压力影、亚颗粒、核幔结构、变形条带(纹)、扭折带及波状消光等。

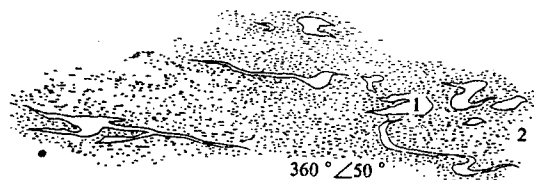


图2 本区潼峪太华群的片麻理  
Fig. 2 Gneissosity in Taihua Group

1—长英质脉体; 2—片麻理  
1—Felsic vein; 2—gneissosity

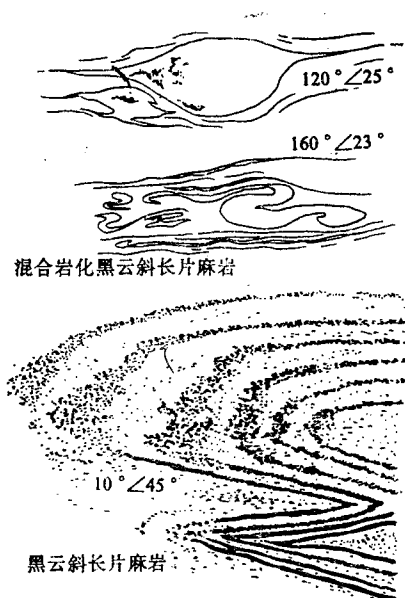


图3 本区潼峪太华群内韧性剪切带  
Fig. 3 Ductile shear zone in Taihua Group, showing bedding and transbedding ductile shear zones

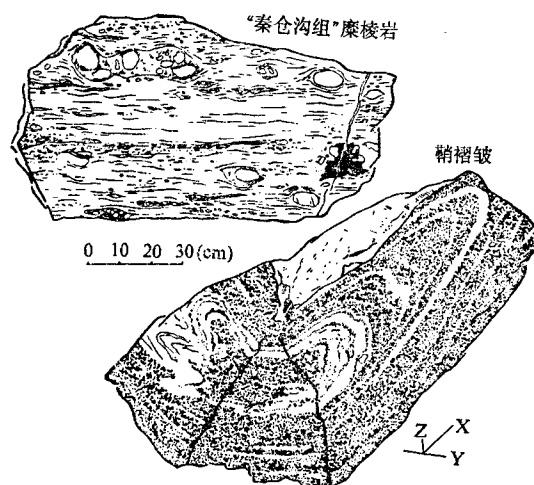


图4 糜棱岩之结构构造,可见碎斑结构,糜棱状纹层和鞘褶皱  
Fig. 4 Texture and structure of mylonites showing mortar, mylonitic lamination and sheath fold

糜棱岩类中的糜棱质部份都有强烈的动态和部份静态重结晶,前者具矿物定向组构,普遍细粒化,在静态重结晶之后均粒化。为典型之S-L构造岩。岩石呈陡倾状:倾向北东12—15°,倾角 $\angle 60^\circ$ — $\angle 80^\circ$ ,根据运动学标志判定为左行平移剪切特征。

通过宏观及镜下的应变测量获知,长英质和角闪质糜棱岩的应变强度值分别为1.57和2.6,对应的体耗值为30%和60%±。将测量结果计算得付林(Flinn, 1962)指数 $K \approx 0.2$ ,显示三轴压扁的变形特征。根据野外实际观测,自北而南在宽约5 km范围内糜棱岩类的发育程度以山后(小河-朱阳)断裂为界,有逐渐向南强化的趋势。经将其偏南部份野外测定的长石碎斑长短轴(XY面)数值作出平面应变值分析图,获得应变带展布方向为ENE-WSW,并由 $<1.7$ 向南

达 $>2.0$ 。

直接超覆于“秦仓沟组”之上的高山河组地层中的层间小构造,揭示出沿软弱层(千枚状页岩、粉砂泥质岩等)顺层滑动(沿倾向向下)现象,地貌上也呈显“搓板状”景观。沿洛南县境内南北向剖面观察,变形强度及构造形态都自北而南逐渐由层滑而至弯滑,乃至叠覆在陶湾群( $Pt_2^1$ )之上(图5)。

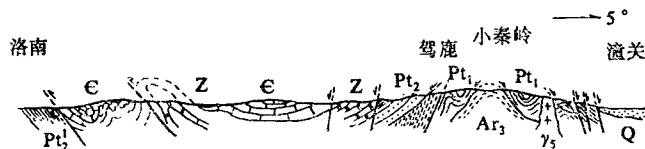


图5 本区洛南地质构造剖面图

Fig. 5 Geological and tectonic cross section in Luonan

Q—为第四系; Є—为寒武系;  $Z_{1+2}$ —长城-蓟县系;  $Pt_2^1$ —为陶湾群; Arth—太华群  
Q—Quaternary; Є—Cambrian  $Z_{1+2}$ —Changcheng-jixian system;  $Pt_2^1$ —Taowan Group; Arth—Taihua Group

因此,台拱区持续隆升,出露了古陆核基底岩系,而其盖层则因为南侧(可能北侧亦如是)的晚期顺层拆离及下落而无保留。在台拱及台凹区内,燕山-喜山期均以大量重熔型和同熔型花岗岩侵位,以及边缘断裂活动等,而呈显出强烈的构造活化作用。

## 2 区域地质构造发展演化阶段

小秦岭的区域构造格局早为众多研究者所关注(蔡乃仲,1983;王润三等,1987;胡正国,1988;王定国等,1989;吴文奎等,1990),但多侧重于对台拱区上区域复式背形和南北边界断裂的讨论。实际上,区域构造格局总体呈现出构造环境随时间而发生多阶段演化,并与邻区的发展有着密切联系,从有关地质事实及相互的时空关系,可以将太华群成岩后的经历划为三个时期:早期粘性变形-变质作用,中期中性变形-变质和晚期脆性变形-变质作用<sup>①</sup>。

早期,区内以热穹窿体制为特征,其主体部位(河南小秦岭区中段)有区域规模的片麻状花岗岩和灰色片麻岩(TTG杂岩)及古老的花岗伟晶岩出露。致使其周围,特别是上覆表壳(孔兹)岩系发生粘性流动变形。在横弯作用下,顺层横向置换及叠置改造,发生大量韧性剪切构造带,形成片麻理的变形(小型平卧褶皱及韧性剪切-糜棱岩化。整个岩石呈角闪岩相,局部保留有麻粒岩相的残迹。

中期,在深部形成了台拱区南北边缘左行平移韧性剪切带,其间的地块受挤压而成短轴背形,进而在持续抬升中挤压应力松弛出现多层(表壳岩系与TTG杂岩、表壳岩系内部)滑脱<sup>②</sup>,从而完成了现今所见的老鸦岔-金钹斑短轴复背形(北翼为非对称型的背向形组合及滑覆断块叠置,南翼为陡倾单斜(?))。与短轴背形形成及表壳岩系滑脱相配套,形成了以绿片岩相为特征的多组脆-韧性剪切带<sup>③</sup>:褶皱翼部顺层近东西走向的逆冲型剪滑断裂<sup>④</sup>,切层近南北走向的平移-正断型剪滑断裂和切层且斜交褶轴的逆冲-平移型剪滑断裂。在它们发展过程中,有同韧性期的

① 表壳岩系与TTG杂岩间的滑脱带为一层厚度不等的变晶糜棱岩;表壳岩系内部的滑脱带最大规模的是在碳酸盐岩类组合断块底部,为一层千糜岩。

② 剪滑断裂是本区一类与褶皱作用相伴生,在空间上绝不超越区域褶皱体系的脆-韧性剪切带。其形成过程的前期以绿片岩相的脆-韧性变形为主,后期则转化为脆性破裂,并有热液物质的贯入充填。

硅质糜棱岩伴热液石英脉的充填,继之出现金矿化。

晚期,以脆性变形为主。一方面改造中期形成的剪滑断裂及其中充填的石英-金矿脉,使之角砾化、碎粒化及碎粉化,并导致金品位的变化;在区域上则产生盖层的拆离及边缘断裂。

以上三期变形作用在金堆-卢氏台凹区也有所表现。叠置在古韧性剪切带(“秦仓沟组”)上的小河-朱阳断裂系,其断块内保留有大量脆-韧性变形的构造形迹;在古韧性剪切带的糜棱岩上也叠加有绿片岩相脆-韧性剪切带。至于晚期的脆性变形在台凹区的不同区段则有不同的表现:顺层缓倾斜滑脱(早期)和切层陡倾斜滑落(晚期),以及由推挤而产生的前缘逆冲。这就是一些研究者所认为的“滑脱推覆构造”,进而提出了“小秦岭推覆构造”的认识<sup>[5]</sup>。

在台拱区以北,亦即太要-故县断裂系(北倾,倾角 $75^{\circ}$ )以北的渭河断凹内,基底及盖层岩系均被多级断落而呈阶梯状,断块上经钻孔控制尚有花岗岩及石英-金矿脉产出。自第三纪以来,区内的水平拉张量为6 432 m,下降量9 240 m,华山-太白一线抬升量为2 500 m,呈左旋水平位移。据推算,宝鸡-西安一线 $Q_2$ 以来已有5 500—7 200 m的水平位移量。关中盆地现以3 mm/a速度下降,而南侧华山段则以7 mm/a速度上升<sup>[6]</sup>。

因此,随着不同时期的演化发展,铸就了非对称式的复背形所构成的变质杂岩核体,高角度断陷的南深北浅的新生代沉积盆地<sup>[7]</sup>,以及由层滑至弯滑的拆离区这三个不同的构造单元,组成了小秦岭的特殊盆岭地貌。

### 3 “拆离-变质杂岩核”构造

小秦岭的区域地貌明显受区域构造格局的控制,而该盆岭地貌的形成时间可依周缘断陷盆地的研究予以限定<sup>[7]</sup>,即是中生代末期。

根据地貌表现明显区分为与构造单元相对应的三区:北部断陷堆积区,中部隆升剥蚀区和南部沉降扩展区。它们揭示出区域总体处于引张伸展的动力学环境之中。

近10年来,地学界普遍关注非造山型的山体的隆升及基底出露问题,并以北美Whipple山为例建立了“变质核杂岩”的形成模式(Lister & Davis, 1989),探讨了地质历史晚近时期可能出现的山体隆升的动力学类型。

小秦岭的区域构造经历了多期的热(伸展)冷(走滑-挤压)转化,形成了三个变形-变质期。就晚期的变形而论,它不但继承和改造了先前的构造特点,而且完成了区域总构造格局:“拆离-变质杂岩核”构造。其宏观构造要素可归结为“一核、二界、三拆离”。

作为该区域构造型式的关键组成部分就是变质杂岩(古老变质的基底杂岩系,后期的基性岩脉群、多期的花岗岩体及伟晶岩脉等)的中心型地块。其内部结构及外部形体均呈近等轴状,四周为伸展型断裂围限,其顶部已不存在有任何盖层。现仍为高地热梯度区<sup>[1]</sup>(居里面深度为20 km±,比鄂尔多斯台块浅10—15 km),并持续上升。在变质杂岩核体内有多级韧性和脆-韧性滑脱带。

围限变质杂岩核体的是南北两侧的早期左行陡倾的平移韧性剪切带和晚期陡倾的正断层系,它们呈阶梯状级级下落,并汇于主滑面之上,其深度位置南侧(台凹区)为5—10 km(周国藩等, 1989),北侧(断凹区)为20—25 km(张少尔等, 1985)。它们切割早期边界韧性剪切带,并共同限定了“核体”的不同时期的空间范围。

从小秦岭区的实际资料分析,深部莫氏面的抬升<sup>[7]</sup>(深度不及32 km,比华北古陆核内高12 km)而引起岩石圈厚度减薄(深度为50—70 km)是导致“核体”隆升和盖层拆离的主因。南侧金堆-卢氏台凹区沿主滑面之上盖层的拆离在不同区带共展现为三种形式,即顺层缓倾拆离,

沿主滑面之上的推挤而褶-断拆离,以及晚期的陡倾高角度拆离。其中缓倾拆离尚伴有在主拆离面底部的(微)角砾岩和沿拆离带内的岩床(正长斑岩、辉绿玢岩)产出。北侧的渭河断凹则因被第四系堆积淹没而仅见陡倾高角度拆离要素。

小秦岭“拆离-变质杂岩核”构造(图6)研究的初步成果扩展了区域构造分析的思路:变质杂岩核顶部是否出露有平缓的拆离型面状糜棱岩带主要取决于产生的深度,本区以脆性拆离构造组合(高山河底部的角砾岩层,其上的顺层拆离断层和下伏古糜棱岩中的平行效应的破裂,以及近主拆离面的糜棱面理的局部褶曲)为特征,则显示了浅部层次的拆离环境;本区位于5—10 km(台凹区)的主滑动面以上的盖层滑片,由顺层拆离滑动,而逐渐向前进方向转化为弯滑-断裂组合,也是拆离作用推挤的结果,并不是推覆构造的表现;从区域上新生界分布,岩床等产出

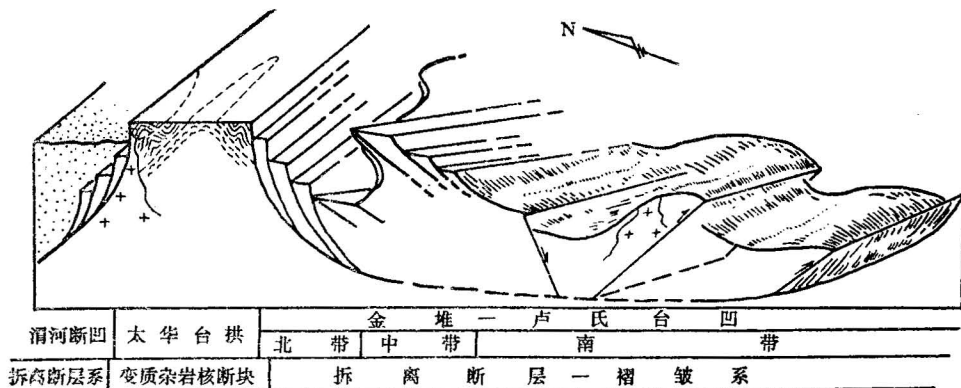


图6 小秦岭拆离-变质杂岩核构造模式图

Fig. 6 Tectonic model of detachment-metamorphic complex core

图示变质杂岩核的断块,拆离断层和南部拆离断层-褶皱系

Showing the fault block of metamorphic complex core, the detachment fault and the southern detachment fault-fold series

判断,缓倾斜拆离作用发生在陡倾斜拆离之前,因此两者的控矿意义迥异,且否定了区域上的山前和山后断裂是金矿形成的导矿构造的观点。

目前已经肯定,该“拆离-变质杂岩核”构造控制着小秦岭金的成矿系列及远景分布:在台拱区内主要产出有韧性剪切带同构造型(糜棱岩型)金矿、韧性剪切带内热液充填型(石英脉型)金矿;在台凹区内主要产出有破碎蚀变岩型金矿,依据赋矿岩石的差异分为长英质糜棱岩亚型和沉积石英砂岩亚型两种。不同类型金矿具有形成时间上的序列表现,各自在产状特征、成矿特征及形成机理上都有差异。此外,由于台拱区长期隆升,对已成金矿会产生不可忽视的改造作用,原生硫化物为主的矿石,将转化为以褐铁矿-针铁矿(胶态)为主,并有块金效应的氧化矿石。

本文得到姜修道讲师、阎卫东、黄军梁研究生帮助,91、92届本科毕业生11人先后参加了部份野外的工作及资料整理;工作中又得到陕西省地矿局六队,潼关金矿、东相峪金矿、王排金矿、黄金十四支队的大力支持,笔者深致谢意!

### 参考文献

- 1 陕西省地质矿产局,陕西省区域地质志.北京:地质出版社,1989.445—510页.
- 2 林宝钦,陶铁镛,李广远,柏青,张哲.豫陕小秦岭地区太古代主要含金地层地质特征研究.中国金矿主要类型区域成矿条件文集(3).北京:地质出版社,1989.1—46页.

- 3 胡正国.对太华群中“秦仓沟组”的新认识.西安地质学院学报, 1991, 13(4):66.
- 4 胡正国、钱壮志.陕西潼峪金矿床的形成机理.地质学报, 1990, 64(2): 144—156.
- 5 王作勋, 姜春发, 任纪舜, 曲国胜, 陈富.小秦岭推覆构造与陶湾群变形.秦岭-大巴山地质论文集(一).北京: 科学技术出版社, 1990.143—153页.
- 6 王景明.论汾渭裂谷.西安地质学院学报, 1986.8(3): 36—48.
- 7 国家地震局《鄂尔多斯周缘活动断裂系》课题组.鄂尔多斯周缘活动断裂系.北京: 地震出版社, 1988.125页.

## A NEW IDEA OF GEOLOGICAL TECTONICS IN THE XIAOQINLING REGION

Hu Zhengguo and Qian Zhuangzhi

(Xi'an College of Geology, Xi'an)

### Abstract

A study on the gold deposit and ductile shear zone in the Xiaoqinling region has raised the curtain on the study of multi-level and multi-stage development and evolution of tectonics in the region. This paper preliminarily defines the regional tectonic framework and the dynamic setting for its formation and evolution.

According to the regional tectonic characteristics, two secondary tectonic units may be distinguished in the Xiaoqinling region: the upwarping area of the basement rock series (Taihua platform arch) in the north and the sedimentary cover area (Jingdui-Lushi platform hollow in the south; to its north is the Weihe fault depression. The Weihe fault depression and the sedimentary cover area are separated from the upwarping area by ductile shear zones displayed by paleomylonites.

Since the Mesozoic and Cenozoic, an extensional environment prevailed in the region; the south and north parts underwent multi-phase detachment and the middle part was upwarped and exposed gradually, forming a detachment-metamorphic core complex structure, which has controlled gold deposits in the Xiaoqinling region.

**Key words:** Xiaoqinling, ductile shear zone, extensional system, detachment-metamorphic core complex structure

### 作者简介

胡正国, 1938年9月生, 1961年毕业于成都地质学院勘探系, 毕业后主要从事于构造及矿田构造的科研与教学工作, 现任西安地质学院地质系副教授, 通讯处: 陕西西安市雁塔路6号, 邮政编码: 710054.