

<http://www.geojournals.cn/dzxb/ch/index.aspx>

中国中央造山带内两个超高压变质带关系

索书田^{1,2)} 钟增球¹⁾ 周汉文¹⁾ 游振东¹⁾

1) 中国地质大学地球科学学院, 武汉, 430074

2) 中国地质大学地球科学与资源学院, 北京, 100083

内容提要 中国中央造山带内至少发育两个超高压变质带, 一个是南阿尔金—柴北缘—北秦岭超高压变质带, 超高压峰期变质年龄为早古生代(500~400 Ma), 代表扬子与中朝克拉通间的深俯冲和碰撞带; 另一个是研究程度较高的大别—苏鲁超高压和高压变质带, 峰期变质年龄主体是三叠纪(250~220 Ma), 代表扬子克拉通内部的陆内大陆深俯冲和碰撞带。对东秦岭看丰沟及香坊沟的变质岩片详细岩石学和构造学研究以及先期造山带尺度的构造、岩石和年代学研究资料分析证明, 南阿尔金—柴北缘—北秦岭超高压变质带, 向东不能与大别—苏鲁超高压和高压变质带的任一部分相连, 包括南大别和西北大别超高压及高压变质岩石。相反, 大别—苏鲁超高压及高压变质带, 向西经桐柏山, 横过南襄盆地延伸到南秦岭的西峡及商南一带。仅在东秦岭—大别山范围内, 两个超高压变质带分别位于商丹断裂系南北两侧, 沿造山带近平行延展, 之间被一系列以断裂或剪切带为边界的岩石构造岩片相隔, 不能构成横贯中国中部统一的巨型超高压变质带。任何有关中国中央造山带构造格架及构造演化模型的建立, 均应考虑其内部发育两个时代和功能不同的超高压变质带。

关键词 看丰沟 香坊沟 中国中央造山带 超高压变质作用 深俯冲 榴辉岩

近年来, 与国内外地质学者深入研究大别—苏鲁超高压和高压变质带的同时, 又在我国西部发现和初步研究了另一个超高压变质带(胡能高等, 1994, 1995, 1996; 杨经绥等, 1998, 2000, 2001, 2002; 张建新等, 1999, 2002; 张国伟等, 2001)。尤其是在商丹断裂系(SDFS)以北的北秦岭官坡附近变质岩中发现了微粒金刚石, 不仅进一步确定了那里的超高压变质带发育的事实(杨经绥等, 2002), 而且, 由于其所处的特殊地理及构造位置, 为研究整个我国中央造山带(COB)内超高压变质岩石的分布及动力学, 开辟了一个新窗口和一条新的路径, 这是我国地质学界新世纪初始所获得的重大研究成果之一。

不过, 有关官坡附近超高压变质岩与大别—苏鲁超高压和高压变质带的空间联系, 还存在着认识上的严重分歧, 需要进一步研究和深入讨论。一种意见认为, 中央造山带内只发育一条加里东期为主体的超高压和高压变质带(简平等, 1997, 2000; 杨经绥等, 2000; 杨巍然等, 2002); 另一种意见虽认识到中央造山带内发育两条不同时代的超高压和高压变

质带, 但是, 基于对豫、鄂边界新县一带部分同位素年代学数据地质意义的理解, 以官坡附近超高压变质岩作“桥梁”, 将南阿尔金—柴北缘—北秦岭超高压变质带向东与西北大别乃至大部分学者所理解的大别山超高压变质带衔接起来, 构筑成一条巨型的超高压变质带, 而与“南大别超高压变质带”区分开(杨经绥等, 2002)。我们认为, 这两种意见均不符合实际情况。对中央造山带内两条超高压和高压变质带的南北分带和东西接壤关系, 我们有新的看法(索书田等, 2002)。

本文目的是通过中央造山带内几个关键构造部位的详细岩石学和构造学分析, 在造山带尺度上对主要的构造边界进行观察和追索, 结合已有的可利用的同位素年代学及变质作用温压条件资料, 阐述中央造山带内两个超高压变质带沿造山带走向的展布特点, 讨论它们间的几何配置及演化关系。强调指出, 准确的认识两个超高压变质带的关系, 对分析和理解中央造山带内碰撞缝合带位置、地壳结构及动力学演化是极为重要的。

注: 本文为国家重大基础发展项目(编号 G19990755506)和国家自然科学基金项目(编号 49972067)资助的成果。

收稿日期: 2003-07-02; 改回日期: 2003-12-23; 责任编辑: 郝梓国。

作者简介: 索书田, 男, 1936年生。现为中国地质大学教授, 博士生导师。长期从事构造地质学、变质岩构造学、岩石圈流变学和显微构造学的教学及研究。近年来主要进行超高压—高压变质岩石构造学研究。通讯地址: 430074, 湖北省武汉市喻家山, 中国地质大学地球科学学院; 电话: 027-87482113, 010-82322652。

1 区域地质背景综述

中央造山带(COB)位于扬子克拉通(YC)和中

朝克拉通(SKC)之间(图1)。仅就其中段秦岭一大别山而言,呈近东西向延展达1000余千米。本文主要涉及的是东秦岭(EQM)及桐柏—豫鄂边界新县一带

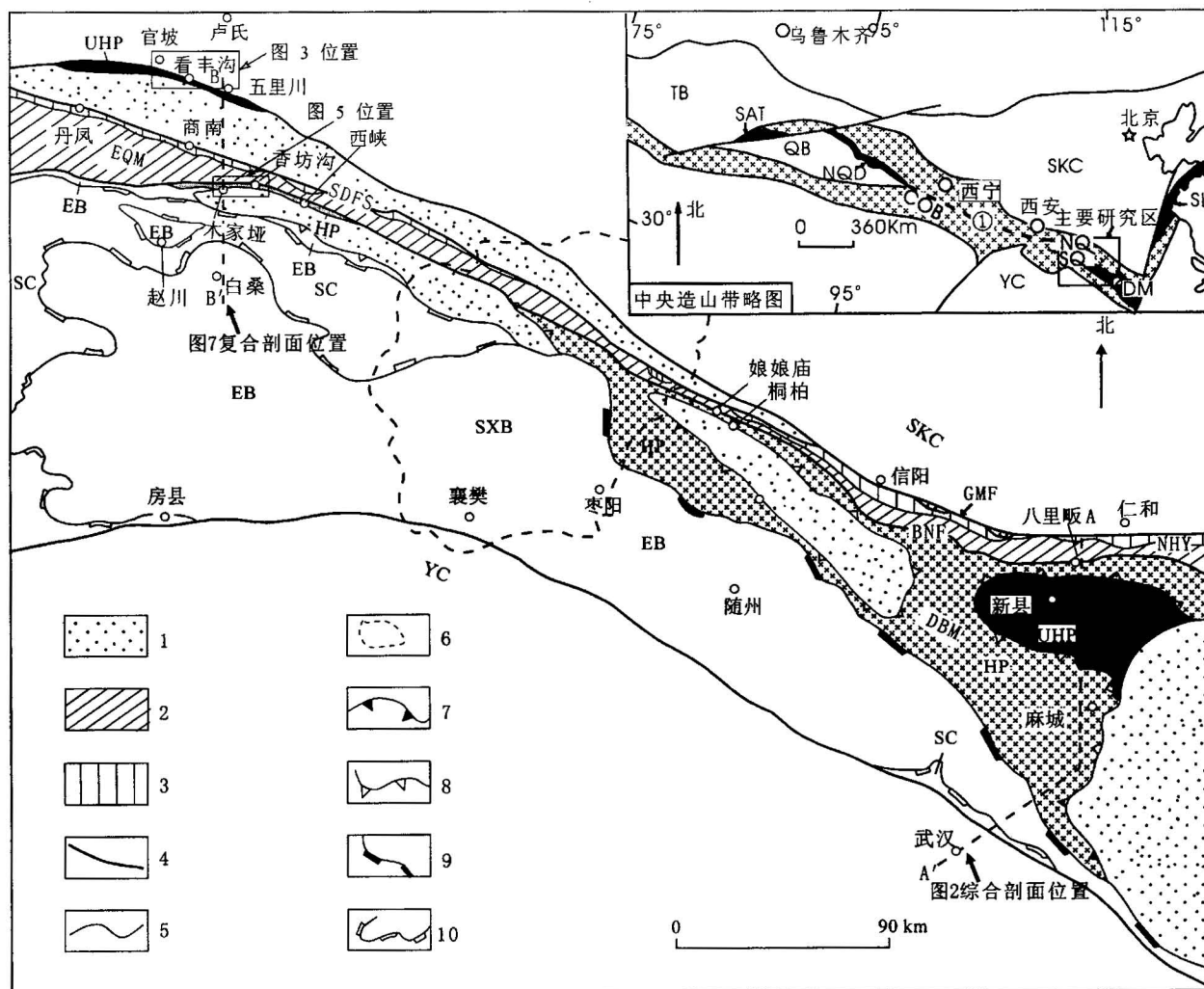


图1 东秦岭—桐柏山—西大别山构造框架

Fig. 1 Structural framework of the eastern Qinling—Tongbai—western Dabie Mountains

1—核杂岩单位及中深变质岩群;2—刘岭群及佛子岭群;3—丹凤群;4—主要构造边界;5—重要地质界线;6—南襄盆地(SXB)边界;7—下拆离带;8—中拆离带;9—上拆离带;10—顶拆离带;UHP—超高压单位;HP—高压单位;EB—绿帘蓝片岩单位;SC—沉积盖层;SDFS—商丹断裂系;BNF—八里畈—娘娘庙断裂;GMF—龟梅断裂;SKC—中朝克拉通;YC—扬子克拉通;COB—中央造山带;NHY—北淮阳构造带;DM—大别地块;SL—苏鲁区;SAT—南阿尔金;NQD—柴北缘;TB—塔里木地块;QB—柴达木地块;NQ—北秦岭造山带;SQ—南秦岭造山带;EQM—东秦岭;DBM—大别山;SXB—南襄盆地;①—南阿尔金—柴北缘—北秦岭超高压变质带;②—大别—苏鲁超高压和高压变质带。中央造山带略图据杨经绥等(2002)修改。图2,3,5,7的位置标注图上

1—Core complex unit and middle-high-grade metamorphic rock group; 2—Liuling Group and Foziling Group; 3—Danfeng Group; 4—main tectonic boundaries; 5—important geological boundaries; 6—boundary of Nanyang—Xiangfan basin (SXB); 7—lower detachment zone; 8—middle detachment zone; 9—upper detachment zone; 10—top detachment zone; UHP—ultrahigh-pressure unit; HP—high-pressure unit; EB—epidote-blueschist unit; SC—sedimentary cover unit; SDFS—Shangnan—Danfeng fault system; BNF—Balifan—Niangniangmiao fault; GMF—Guishan—Meishan fault; SKC—Sino-Korean craton; YC—Yangtze craton; COB—central orogenic belt; NHY—Northern-Huaiyang tectonic belt; DM—Dabie-massif; SL—Sulu area; SAT—South Altun; NQD—North Qaidam; TB—Tarim block; QB—Qaidam block; NQ—northern Qinling orogenic belt; SQ—Southern Qinling orogenic belt; EQM—Eastern Qinling Mountains; DBM—Dabie Mountains; SXB—Nanyang—Xiangfan basin. ①—South Altun—North Qaidam—North Qinling UHP metamorphic belt; ②—Dabie—Sulu UHP and HP metamorphic belts. Sketch map of the Central orogenic belt is modified from Yang et al., 2002. Locations of simplified geological maps in Figs. 3, 5 and composite cross-sections A—A' and B—B' shown in Figs. 2, 7 are indicated

的西北大别地区。在桐柏—西北大别地区,八里畈—娘娘庙断裂(BNF),是超高压(UHP)和高压(HP)变质岩分布的北限,代表被强烈改造了的印支期碰撞缝合线(Suo et al., 1999; 索书田等, 2001)。八里畈—娘娘庙断裂之南的岩石构造单位(如 UHP、HP、EB 和 SC 等)及多层伸展拆离带(下、中、上和顶拆离带)的分布和几何配置与大别地块(DM)及苏鲁(SL)地区是一致的(图1, 2)。在南襄盆地(SXB)西东秦岭地区,据 Meng 等(2000)、张国伟等(2001)的研究,以商丹断裂系(SDFS)或“主缝合带”为界,将秦岭造山带的主体分为北秦岭造山带(NQ)和南秦岭造山带(SQ),并详细讨论了它们的古构造特征及演化历程。本次重点研究和制图的看丰沟及香坊沟地区,就分别位于北秦岭造山带和南秦岭造山带内。详细的地质背景资料,可参考游振东等(1991), Meng 等(2000)、张国伟等(2001)及杨经绥等(2002)的有关论述。

2 看丰沟超高压(UHP)变质岩片

看丰沟变质岩片位于河南省卢氏县官坡附近的看丰沟及石桥沟一带的北秦岭造山带内,成一近东西向延伸的长约30 km、宽2~5 km 的断片或岩片。张国伟等(2001)曾称其为“炉道一小河面构造岩块”。构造上,它夹于北面二郎坪岩群及南面秦岭岩群之间,均以断裂或韧性剪切带为界(图3, 4),形成总体倾向北、倒向南的断片堆垛构造。

看丰沟岩片主要由变质的上壳岩组成,包括含

石榴多硅白云母钠长石英片岩、二云钠长石英片岩、斜长角闪岩、白云母石英片岩夹长石石英岩和大理岩,含大量的几米至几十米尺度的榴辉岩或退变质的榴辉岩透镜体。胡能高等(1995, 1996)最先在1:5万区域地质测量过程中识别出含柯石英及其假像的榴辉岩体,并对其岩相学特征,进行了概略性的描述。他们还提出一幅榴辉岩分布简图及一个 Sm-Nd 同位素年龄测试结果(400 ± 16 Ma),但却没有认识到看丰沟变质岩片内部及构造边界的复杂性。

榴辉岩透镜体多包裹于强烈剪切变形的角闪岩相长英质片岩或片麻岩中,以河南省卢氏县官坡附近的看丰沟出露最为良好,这也是本文称为看丰沟变质岩片的原因之一。不过,由于超高压榴辉岩相矿物组合受强烈减压退变质的角闪岩相变质作用的改造,在野外很难找到新鲜的榴辉岩。从大的退变质榴辉岩体核部采集的弱退变质榴辉岩典型矿物组合为绿辉石+石榴子石+金红石+角闪石+绿帘石+多硅白云母+斜长石+钠长石+楣石+石英±柯石英(假像)。这种类型榴辉岩多为块状细粒花岗变晶结构,石榴子石具平直的颗粒边界。值得指出的是,镜下既可观察到围绕母颗粒的后成合晶发育,代表榴辉岩的减压角闪岩化,又可发现沿斜长石与其他矿物边界发育的石榴子石冠状体(Zhang 和 Liou, 1997),反映了递进变质作用的过程。最近,杨经绥等(2002)在这一变质岩片内发现了微粒金刚石及相关的超高压变质相矿物,进一步证实了看丰沟变质岩片曾经历过深俯冲和超高压变质作用。野外和岩石

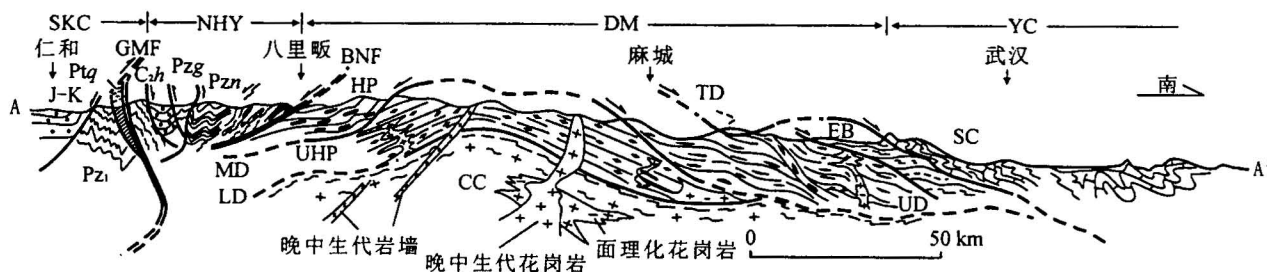


Fig. 2 Simplified synthetic structural section A—A' across the entire Dabie Mountains showing main petro- tectonic units and tectonic boundaries of the Dabie—Sulu UHP and HP metamorphic belts (for location see Fig. 1)

SKC—中朝克拉通; NHY—北淮阳构造带; DM—大别地块; YC—扬子克拉通; CC—核杂岩单位; UHP—超高压单位; HP—高压单位; EB—绿帘—蓝片岩单位; SC—沉积盖层; LD—下拆离带; MD—中拆离带; UD—上拆离带; TD—顶拆离带; GMF—龟山—梅山断裂; BNF—八里畈—娘娘庙断裂; Ptq—秦岭岩群; Pz₁—下古生界; Pzg—龟山组; Pzn—南湾组; C_{2h}—胡油房组; J—K—侏罗—白垩系
SKC—Sino-Korean craton; NHY—Northern Huaiyang tectonic belt; DM—Dabie massif; YC—Yangtze craton; CC—core complex unit; UHP—ultrahigh-pressure unit; HP—high-pressure unit; EB—epidote—blueschist unit; SC—sedimentary cover; LD—lower detachment zone; MD—middle detachment zone; UD—upper detachment zone; TD—top detachment zone; GMF—Guishan—Meishan fault; BNF—Balifan—Niangniangmiao fault; Ptq—Qinling Rock Group; Pz₁—Lower Palaeozoic; Pzg—Guishan Formation; Pzn—Nanwan Formation; C_{2h}—Huyoufang Formation; J—K—Jurassic—Cretaceous

学证据指出,从榴辉岩或退变质榴辉岩,经含榴角闪岩到围岩片岩,大都是逐渐过渡的,非侵入或构造接触关系。因此,看丰沟变质岩片整体上是深俯冲楔状超高压变质地体的一个断裂片。向西,它可以与南阿尔金超高压岩片和柴达木盆地北缘超高压等岩片对比,并可构成一个大型的超高压变质带。据杨经绥等(2002)的锆石 SHRIMP 定年,看丰沟超高压岩片的峰期变质年龄为 507 ± 38 Ma。

也是由于强烈减压退变质作用的原因,同超高压变质作用的构造变形和组构,大都被榴辉岩后的变形改造或删除掉了,在露头尺度上的残余超高压构造形迹,是很难识别的,仅只在岩石薄片尺度上,可以观察到较新鲜的榴辉岩具微弱的面理,由绿辉石和多硅白云母等矿物优选定向排列显示出来。

一般情况下,现今观察到的变形,主要是在减压退变质的角闪岩(部分为绿片岩)相条件下形成的,表现为透入性的区域性面理,代表性产状是倾向北北东,倾角 $60^\circ \sim 80^\circ$,面理上的矿物线理多向北东东倾伏,倾伏角 $45^\circ \sim 55^\circ$ 。面理和线理均由角闪石、黑云母及透镜状钠长石变斑晶优选定向排列而成。岩石中的成分层多与面理一致,相互近平行。看丰沟变质岩片内部构造的另一个特点是具不同尺度上的网结状流变学样式,即榴辉岩和退变质榴辉岩透镜体代表了低应变域,围岩片岩为强应变带,反映了在总体不均一剪切体制下的力学不稳定性 and 变形分解作用(Burg, 1999; Suo et al., 2002)。在一些角闪岩相岩

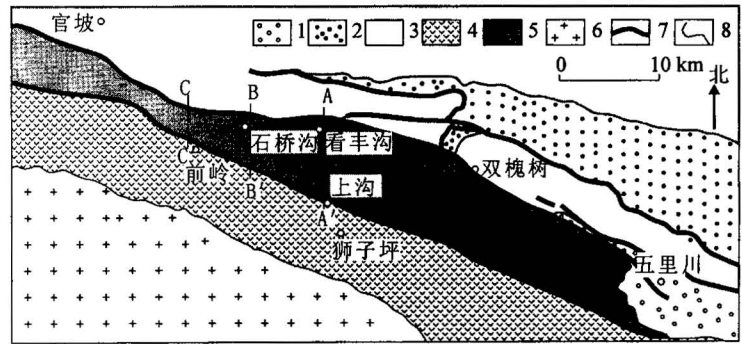


图3 看丰沟UHP变质岩片及其相邻岩片地质略图

Fig. 3 Geological sketch of the Kanfengou UHP metamorphic fragment and its neighbouring fragments

1—晚白垩系;2—晚三叠系;3—二郎坪群;4—秦岭岩群;5—看丰沟超高压(UHP)岩片;6—灰池子侵入体;7—主要的构造边界;8—重要的地质界线

1—Late Cretaceous; 2—Late Triassic; 3—Erlongping Group; 4—Qinling rock group; 5—Kanfengou UHP fragment; 6—Huichizi intrusive body; 7—main tectonic boundaries; 8—important geological boundaries. Positions of cross-sections A—A', B—B' and C—C' shown in Fig. 4 are indicated

石组合中,也可观察到部分岩石逐渐向糜棱岩过渡的现象,糜棱面理平行或小角度切割区域性面理,它们或呈分离型的韧性剪切带,或彼此联合构成网状韧性剪切带系统,环绕未经受强烈剪切变形的透镜状榴辉岩或退变质榴辉岩块体。

看丰沟超高压变质岩片的北部构造边界为双槐树断裂或剪切带(胡能高等,1996)(图3)。上盘的二郎坪群低级变质岩沿其向南逆冲于看丰沟超高压岩片之上(图4)。南部构造边界为上沟韧性剪切带(图3,4)。该剪切带宽500~1000 m,带内糜棱岩的面理倾向 $NE40^\circ \sim 50^\circ$,倾角 $55^\circ \sim 70^\circ$ 。运动学标志指示上盘的超高压变质岩片向南逆冲于中深变质的秦岭岩

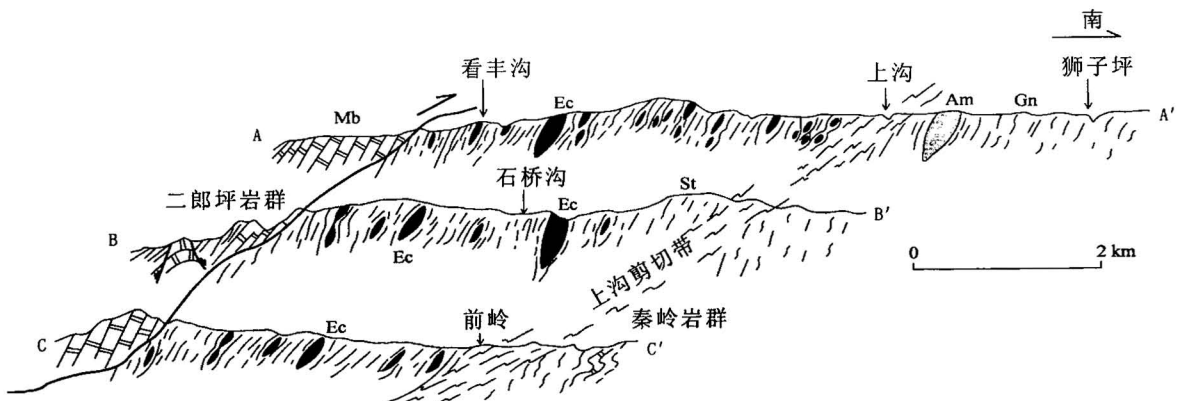


图4 看丰沟超高压(UHP)岩片的3个横剖面

Fig. 4 Three exposed corss-sections through the Kanfengou UHP metamorphic fragment (refer to Fig. 3 for transect positions)

Ec—榴辉岩或退变质榴辉岩;Am—斜长角闪岩;St—片岩;Gn—片麻岩;Mb—大理岩
Ec—Eclogite or retrograded eclogite; Am—amphibolite; St—schist; Gn—gneiss; Mb—marble

群之上。看丰沟超高压变质岩片的原岩是秦岭岩群的一部分,还是一独立的变质地体,尚需进一步精细的岩石学和地球化学研究加以论证。

3 香坊沟高压(HP)变质岩片

在南襄盆地以西的南秦岭造山带内,我们发现原周进沟组上部一套岩石组合,曾遭受过高压变质作用。这一岩石组合于西峡县香坊沟出露最为良好,因而称为香坊沟高压变质岩片(图5)。该岩片近东西向延伸,已经追索长大于25 km,宽200~700 m,主要由透闪石大理岩和含金红石绿帘钠长角闪片岩组成,其中含金红石绿帘钠长角闪片岩的代表性矿物组合为角闪石+钠长石(变斑)+金红石+榍石(钛铁矿)+黑云母+绿帘石+绿泥石+方解石+石英+石榴子石。有些地方还出现金云母和红柱石等变质矿物,总体反映为绿帘角闪岩相。但是,一些先期高压变质相残余矿物和结构,尚可观察到。例如,高压原始相金红石含量很高,一般达3%~5%,20世纪70~80年代曾作为金红石矿体采掘过。通常,金红石发育榍石化或钛铁矿反映边甚至或完全被它们所取代等退变质结构,有些金红石则作为钠长石、角闪石或绿帘石矿物的包裹体出现。在香坊沟岩片的西段木家垭一带,高压相石榴子石残余保存较好,发育含金红石的石榴斜长角闪片岩。这些特点与大别—苏鲁超高压和高压变质带东端朝鲜半岛临津江构造带内 Samgot 单位相似,Ree 等(1996)通过对该单位内金红石和钛铁矿的成分分析结果,运用 Bohlen 等(1986)的 GRIPS 压力计,估算出变质条件为 $P \approx 12.1 \sim 12.3 \text{ GPa}$, $t \approx 700^\circ\text{C}$, 近似于高压榴辉岩相的环境。因而我们推测,香坊沟变质岩片的岩石,在绿帘一角闪岩相广泛重结晶作用之前,曾遭受过高压变质作用。更为重要的是,香坊沟岩片的岩石组合和

结构构造特点,是与西北大别山及桐柏山地区的高压榴辉岩相岩石退变质产物相似的,区域构造位置也是一致的,金红石矿带及地球化学省是相对应的(刘源骏,1991;魏春景等,1999;索书田等,2001)。北侧均与低级变质的刘岭群或佛子岭群为邻(图1)。南侧与 Xu 等(1986)和许志琴等(1988)研究过的商南赵川等地区的蓝片岩带(217~236 Ma)空间关系,也是与南襄盆地以东的枣阳—随州地区相应的构造变质岩片一致。

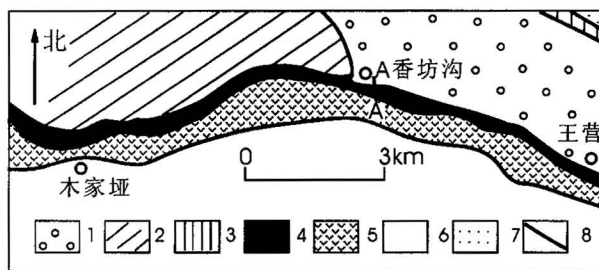


图 5 香坊沟 HP 变质岩片地质略图

Fig. 5 Geological sketch of the Xianfanggou HP metamorphic fragment

- 1—上白垩统; 2—刘岭群; 3—丹凤群; 4—香坊沟 HP 岩片; 5—周进沟组; 6—陡岭岩群; 7—秦岭岩群; 8—主要构造边界
1—Late Cretaceous; 2—Liuling Group; 3—Danfeng Group; 4—Xianfanggou HP fragment; 5—Zhoujinguo Formation; 6—Douling rock group; 7—Qinling rock group; 8—main tectonic boundaries

香坊沟高压岩片也具席状几何学特征(图5,6)。内部发育透入性区域面理,代表性产状为倾向 $NE0^\circ \sim 20^\circ$, 倾角 $40^\circ \sim 55^\circ$, 面理上拉伸线理为 $NW340^\circ \angle 36^\circ$ 。面理和线理都是在绿帘一角闪岩相条件下发育的。在露头尺度上,先期高压榴辉岩相条件下的结构,已很难觅见。这也与在桐柏山西段的枣阳和桐柏等地所观察到的现象非常类似。

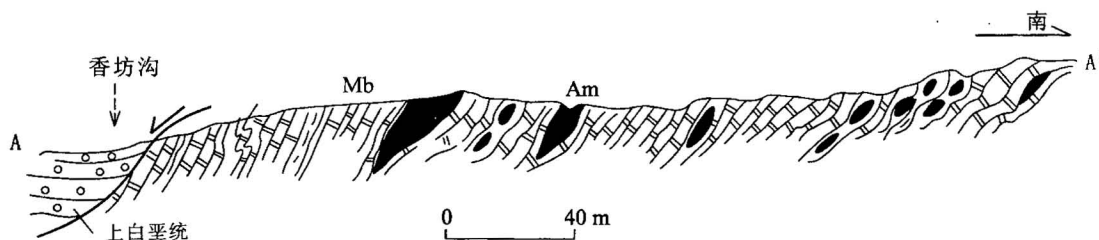


图 6 香坊沟高压变质岩片横剖面

Fig. 6 Schematic cross-section along the line A—A' shown in Fig. 5, showing marbles interlayered with rutile-bearing epidote-amphibolite schists

Am—含金红石绿帘一角闪片岩; Mb—透闪石大理岩

Am—Rutile-bearing epidote-amphibolite schist; Mb—tremolite-bearing marble

4 讨论

4.1 南阿尔金—柴北缘—北秦岭超高压变质带的东延问题

杨经绥等(2000, 2002)和张建新等(1999, 2002)对中国西北部几个超高压岩片的研究,基本上确定了南阿尔金—柴北缘—北秦岭早古生代超高压变质带的区域构造框架。但是,这一超高压变质带向东如何延伸,尚需深入研究和讨论。从图3可以看出,虽然看丰沟超高压岩片东端被五里川晚白垩世红色盆地堆积物所覆盖,但其可能继续向东的延伸总趋势,必然是沿着中深变质的秦岭岩群岩石出露北限展布的。不过,由于后期秦岭岩群沿着军马河—马蹄湾断裂(索书田等, 1990, 2001)由南向北逆冲推覆,在三峡县北部,可以观察到秦岭岩群直接覆于二郎坪岩群之上,两者之间若发育超高压岩片,可能向南俯冲于秦岭岩群之下,地表未见出露,这也是一种陆壳物质的消减效应。继向东,桐柏山、大别山乃至苏鲁地区,都有类似的构造格局。仅就大别山区的北淮阳构造带而言,近年来的1:5万区域地质测量和详细构造研究证实,豫南信阳以东,还有秦岭岩群的中深变质岩断续出露于地表(图1, 2)。因之,如果要追索早古生代超高压变质岩石,应在相应的秦岭岩群岩石现今和古构造位置上去观察研究,主要立足于充分的地质证据,并作合理的接近实际的解释。

许多作者注意到曾在西北大别新县地区的高压和超高压变质岩石中获得的一些早古生代变质年龄数据,并据此推测南阿尔金—柴北缘—北秦岭超高压变质带向东可能与西北大别乃至大别山主体的超高压和高压带相连(杨巍然等, 2002; 杨经绥等, 2002; 王清晨等, 2002),其实,这种可能性在地质上是不能成立的。

首先,经过20多年来国内外地质学者的努力,对大别—苏鲁超高压和高压变质带的岩石学、构造学及同位素年代学研究方面,虽然还存在着许多认识上的分歧,但是共识和进展是令人鼓舞的(Zhang 和 Liou, 1994; Hacker et al., 1998; 索书田等, 2001; 程裕淇等, 2002)。多数研究者认为,西北大别山的超高压和高压变质岩石,是大别—苏鲁超高压和高压变质带的一个组成部分,它们与所谓南大别的超高压和高压变质岩石,具有共同的形成和折返历史,空间上也是相联结的,且在三维空间上成规律性的几何配置(图1, 2)。

其次,应该对已有的同位素年龄数据的地质意

义进行认真解析。我们一般不怀疑所报道的年龄数据的可靠性和准确性,并且相信每一组数据均可能代表一定的地质热事件。但是,各组年龄是否都能反映超高压和高压变质作用时限,就值得进行讨论了。现有的年代学资料至少可归纳为古元古代、晋宁期、加里东期、海西期及印支期等5组年龄(简平等, 1997, 2000; Webb et al., 1999; 杨巍然等, 2002; Sun et al., 2002; Jahn and Liu, 2002; 高山等, 2002),那么它们真的能代表西北大别山遭受过多期超高压和高压变质事件吗。从地质角度分析,如果有多期超高压和高压变质事件,就应有多期变质作用的岩石学及构造学记录。至今,尚未见到相关报道,我们在西北大别地区关键构造部位的详细制图及区域构造研究,也没有发现确切的多期超高压和高压变质作用的地质证据。而从同位素年代学的观点来看,大多数同位素年代学研究者认为大别—苏鲁区超高压和高压变质岩的原岩年龄是新元古代(Li et al., 1993; Maruyama et al., 1994; Ames et al., 1996; Carswell et al., 1997; Hacker et al., 1998),超高压和高压变质作用时代为210~230 Ma(Li et al., 1993; Chavagnac et al., 1996; Liou et al., 1997)。单就西北大别山的超高压和高压变质作用时限及同位素年龄数据而言, Jahn 等(2002)认为230 Ma 是有代表性的。他们还对前人发表的400 Ma 年龄数据提出了质疑,认为它是由于测试过程中不平衡同位素体系引起的(Jahn et al., 2002),不能反映超高压和高压变质作用的实际时限。新近 Sun 等(2002)也从石榴辉岩相岩石的新县浒湾地区获得了锆石核部440~350 Ma 的年龄数据,他们依据重稀土元素(REE)配分型式和负 Eu 异常等特征,判断这些锆石来自北面中朝克拉通岩浆岩和低压变质岩源区,也不代表超高压和高压变质作用事件的时限。

不错,也有一些地球化学证据表明,西北大别山某些石榴辉岩可能是由残余洋壳深俯冲形成的(王清晨等, 2002)。说明不同构造部位的超高压和高压变质岩的原岩性质或许有所差异,深俯冲过程也会有时间上的早晚之别。但是,无论如何不能将两个超高压和高压峰期变质年龄相差约200 Ma 的带相连在一起。

4.2 大别—苏鲁超高压和高压变质带的西延问题

大别—苏鲁超高压和高压变质带向东越过黄海,与朝鲜半岛的临津江构造带相连,已得到地质和年代学资料证实(Ree et al., 1996)。它向西的延伸状况,也引起研究我国中央造山带的广大地质工作

者的关注。由于在桐柏山区拉长型穹窿周缘发现了大量的高压榴辉岩及相关岩石组合(魏春景等, 1999; 索书田等, 2001), 因而, 大别—苏鲁超高压和高压变质带向西延展到南襄盆地东侧是无可置疑的。通过野外区域追索, 高压榴辉岩相岩石分布的北限为八里畈—娘娘庙断裂带(BNF)(图1), 向东它与大别山区的晓天—磨子潭断裂衔接, 更向东, 可与苏鲁地区的五莲—烟台断裂带相通(索书田等, 2001)。而且, 桐柏地区与西北大别地区的岩石构造单位和主要构造边界, 都是一一对应和相连的, 几何学上是有规律相配置的。

南襄盆地是一个中新生代以来形成的陆内小型断陷盆地, 地球物理和石油钻井资料揭示, 盆地基底与东西两侧的地质体及主要断裂带, 都是逐一相沟通的(游振东等, 1991)。这样, 依据前面对南襄盆地以西香坊沟高压变质岩片的描述, 可以判断, 大别—苏鲁超高压和高压变质带, 向西可延伸进入东秦岭山。继续向西是否可与勉略缝合带相连(杨经绥等, 2002), 尚待进一步研究。

4.3 两个超高压变质带的关系

很明显, 中央造山带内的两个超高压变质带, 不仅发育的时代不同, 而且, 在现今及古构造框架内也是不能相连接的。在东秦岭及桐柏—西大别山构造域(图1, 2, 7)范围内, 早古生代的超高压变质带位于商丹断裂系以北, 按照张国伟等(2001)的古构造单元划分及构造分析, 这一超高压变质带的位置, 正好处于早古生代南部岛弧与北部弧后盆地之间, 与商丹“主缝合带”, 可能有着紧密的动力学关系。大别—苏鲁超高压带的西延, 位于商丹断裂系以南的南秦岭。在区域上, 两个超高压带之间的秦岭岩群、丹凤

群及刘岭群等断裂为边界的地壳岩片, 沿着造山带走向近平行延展。虽然在造山带各个地段它们的岩石组合及厚度变化很大, 但在造山带尺度上观察, 是可统一起来的。据现有可利用的地质和年代学资料(Liou et al., 1997; Meng et al., 2000; 张国伟等, 2001; 杨经绥等, 2002; Jahn et al., 2002; Sun et al., 2002)推测, 南阿尔金—柴北缘—北秦岭超高压变质带, 是中朝与扬子克拉通间早古生代(500~400 Ma)洋壳深俯冲和大陆碰撞的产物, 具有陆间碰撞的性质。这个阶段的深俯冲和碰撞之后, 扬子克拉通北部大陆边缘的一部分拼贴于中朝克拉通之上。而250~220 Ma阶段的大陆深俯冲及碰撞事件, 则主要出现在扬子克拉通内部, 属于陆内碰撞性质。表明我国中央造山带内虽然发生过多深俯冲和碰撞事件, 具有“复合造山带”的特征(许志琴等, 1988), 但每一次造山带尺度的形成超高压和高压岩石的深俯冲和碰撞造山作用, 不一定是沿着同一缝合带重复发生。

5 结论

(1) 看丰沟岩片是一个超高压地壳岩片, 组成香坊沟岩片的岩石遭受过高压变质作用, 它们分别属于南阿尔金—柴北缘—北秦岭超高压变质带及大别—苏鲁超高压和高压变质带的组成部分。

(2) 两个超高压变质带在空间上不能相连成横贯中国中部的一个巨型超高压变质带或缝合带。它们在几何和演化历史上, 都是近平行造山带延展的。

(3) 我国中央造山带内的两个超高压变质带, 分别是在早古生代500~400 Ma由中朝与扬子克拉通间深俯冲及碰撞和250~220 Ma间扬子克拉通内

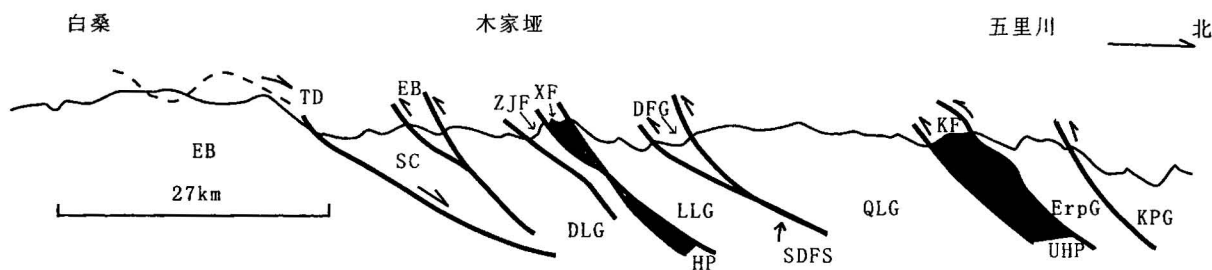


图7 东秦岭复合构造横剖面略图

Fig. 7 Schematic composite tectonic cross-section of the eastern Qinling Mountains

KPG—宽坪群; ErPG—二郎坪群; QLG—秦岭岩群; DFG—丹凤群; LLG—刘岭群; ZJF—周进沟组; DLG—陡岭岩群; KF—看丰沟岩片; XF—香坊沟岩片; UHP—超高压单位; HP—高压单位; EB—绿帘—蓝片岩单位; SC—沉积盖层; SDFS—商丹断裂系; TD—顶拆离带; KPG—Kuanping Group; ErPG—Erlangping Group; QLG—Qinling rock group; DFG—Danfeng Group; LLG—Liuling Group; ZJF—Zhoujinguo Formation; DLG—Douling rock group; KF—Kanfenggou fragment; XF—Xianfanggou fragment; UHP—ultrahigh pressure unit; HP—High pressure unit; EB—epidote—blueschist unit; SC—sedimentary cover; SDFS—Shangdan fault system; TD—top detachment

深俯冲及碰撞形成的。

任何涉及中央造山带构造格架及动力学演化模式,都应考虑到在其内部至少发育两个时代及区域构造背景既有明显区别又有某些联系的超高压变质带。

参 考 文 献

- 程裕淇, 庄育勋, 高天山, 等. 2002. 大别山菖蒲一碧溪岭地区高压—超高压榴辉岩相变质岩和有关岩石的岩石类型及其原岩性质. 地质学报, 76(1): 1~13.
- 高山, Qiu Y. 凌文黎, 等. 2002. 大别山英山和熊店榴辉岩单颗粒石 SHRIMP U-Pb 年代学研究. 地球科学, 27(5): 558~564.
- 胡能高, 赵东林, 徐柏青, 等. 1994. 北秦岭含柯石英榴辉岩的发现及其意义. 科学通报, 39(21): 2013.
- 胡能高, 赵东林, 徐柏青, 等. 1995. 北秦岭官坡地区高压—超高压榴辉岩岩相学及变质作用研究. 矿物岩石, 15(4): 1~9.
- 胡能高, 杨家喜, 赵东林. 1996. 北秦岭榴辉岩 Sm-Nd 同位素年龄. 矿物学报, 16(4): 349~352.
- 简平, 杨巍然, 李志晶, 等. 1997. 大别山西部熊店加里东期榴辉岩一同位素地质年代学的证据. 地质学报, 71(2): 133~141.
- 简平, 刘敦一, 杨巍然, Williams I S. 2000. 大别山西部河南罗山熊店加里东期榴辉岩锆石特征及 SHRIMP 分析结果. 地质学报, 74(3): 259~264.
- 刘源骏. 1991. 对湖北大阜山岩体几点认识. 湖北地质, 5(2): 45~54.
- 索书田, 钟增球, 胡鱼华. 1990. 河南省西峡—内乡北部元古界与古生界间的构造边界. 地质科学, 1: 12~21.
- 索书田, 钟增球, 张宏飞, 等. 2001. 桐柏山高压变质带及其区域构造型式. 地球科学, 26(6): 551~559.
- 索书田, 钟增球, 游振东. 2001. 大别—苏鲁超高压—高压变质带伸展构造格架及其动力学意义. 地质学报, 75(1): 14~24.
- 索书田, 钟增球, 韦必则, 等. 2002. 桐柏—大别—苏鲁 UHP 和 HP 变质带的结构及流变学演化. 地球科学, 27(5): 549~557.
- 魏春景, 吴玉新, 倪云燕, 等. 1999. 河南桐柏地区榴辉岩的特点及其地质意义. 科学通报, 44(17): 1882~1885.
- 王清晨, 林伟. 2002. 大别山碰撞造山带的地球动力学. 地学前缘, 9(4): 257~265.
- 游振东, 索书田, 朝郁菁, 等. 1991. 造山带核部杂岩变质过程与构造解析—以东秦岭为例. 武汉: 中国地质大学出版社.
- 许志琴, 卢一伦, 汤耀庆, 等. 1988. 东秦岭复合山链的形成—变形、演化及板块动力学. 北京: 中国环境科学出版社.
- 杨经绥, 许志琴, 李海滨, 等. 1998. 我国西部柴北缘地区发现榴辉岩. 科学通报, 43: 1544~1548.
- 杨经绥, 许志琴, 宋述光, 等. 2000. 青海都兰榴辉岩的发现: 试论我国中央造山带中的高压—超高压变质带的分布及构造意义. 地质学报, 74(2): 156~168.
- 杨经绥, 宋述光, 许志琴, 等. 2001. 柴达木盆地北缘早古生代高压—超高压变质带中发现典型超高压矿物—柯石英. 地质学报, 75(2): 175~179.
- 杨经绥, 许志琴, 裴先治, 等. 2002. 秦岭发现金刚石: 横贯中国中部巨型超高压变质带新证据及古生代和中生代两期深俯冲作用的识别. 地质学报, 76(4): 484~495.
- 杨巍然, 简平, 朝郁菁. 2002. 大别造山带加里东期高压超高压变质作用的确证及其意义. 地学前缘, 9(4): 273~283.
- 张国伟, 张本仁, 袁学诚, 等. 2001. 秦岭造山带与大陆动力学. 北京: 科学出版社, 123~130.
- 张建新, 张泽明, 许志琴, 等. 1999. 阿尔金构造带西段榴辉岩的 Sm-Nd 及 U-Pb 年龄. 科学通报, 44: 1109~1112.
- 张建新, 杨经绥, 许志琴, 等. 2002. 阿尔金榴辉岩中超高压变质作用证据. 科学通报, 47(3): 231~234.

References

- Ames L, Zhou G Z, Xiong B. 1996. Geochronology and isotopic character of ultrahigh-pressure metamorphism with implications for collision of the Sino- Korean and Yangtze cratons, central China. Tectonics, 15: 472~489.
- Burg J P. 1999. Ductile structures and instabilities: their implication for Variscan tectonics in the Ardennes. Tectonophysics, 309: 1~25.
- Bohlen S R, Liotta J J. 1986. A barometer for garnet amphibolites and garnet granulites. Journal of Petrology, 27: 1025~1056.
- Carswell D A, O'brien P J, Wilson R N, Zhai M G. 1997. Thermobarometry of phengite-bearing eclogites in the Dabie Mountains of central China. J. metamorphic Geol., 15: 239~252.
- Chavagnac V, Jahn B M. 1996. Coesite-bearing eclogites from the Bixiling complex, Dabie Mountains, China: Sm-Nd ages, geochemical characteristics and tectonic implications. Chemical Geology, 133: 29~51.
- Cheng Y Q, Zhuang Y X, Gao T S, Jian P. 2002. Lithology and protolith of HP—UHP eclogite facies metamorphic rocks and relevant rocks of the Changpu—Bixiling area, Dabie Mountains. Acta Geologica Sinica, 76 (1): 1~13 (in Chinese with English abstract).
- Gao S, Qiu Y, Ling W L, McNaughton J, Zhang B R, Zhang G W, Zhang Z M, Zhong Z Q, Suo S T. 2002. SHRIMP single zircon U-Pb geochronology of eclogites from Yingshan and Xiongdian. Earth Science, 27 (5): 558~564. (in Chinese with English abstract).
- Hu N, Zhao D, Xu B, Wang T. 1994. Discovery of coesite-bearing eclogite in North Qinling and its significance. Chinese Science Bulletin, 39 (21): 2013 (in Chinese with English abstract).
- Hu N, Zhao D, Xu B, Wang T. 1995. Petrography and metamorphism study on high—ultrahigh pressure eclogite from Guanpo area, northern Qinling Mountains. Journal of Mineralogy and Petrology. 15 (4): 1~9 (in Chinese).
- Hu N, Yang J, Zhao D. 1996. Sm-Nd isochron age of eclogite from northern Qinling Mountains. Acta Mineralogica Sinica, 16 (4): 349~352 (in Chinese with English abstract).
- Hacker B R, Ratschbacher L, Webb L, Ireland T, Walker D, Dong S W. 1998. U/Pb zircon ages constrain the architecture of the ultrahigh-pressure Qinling—Dabie Orogen, China. Earth and Planetary Science Letter, 161: 215~230.
- Jian P, Yang W, Li Z, Zhou H. 1997. Caledonian eclogite in Xiongdian, west Dabie: Evidence in isotopic chronology. Acta Geologica Sinica, 71 (2): 133~141 (in Chinese with English abstract).
- Jian P, Liu D, Yang W, Williams I S. 2000. Petrological study of zircons and SHRIMP dating of the Caledonian Xiongdian eclogite, northwestern Dabie Mountains. Acta Geologica Sinica, 74(3): 259~264 (in Chinese with English abstract).
- Jahn B M, Liu X C. 2002. Age (s) of the Hong'an Block and the

- question of 400 Ma UHP metamorphic event. In: International Workshop on Geophysics and Structure Geology of UHPM Terranes. Institute of Geology and Geophysics, Chinese Academy of Sciences. Beijing, 68~70.
- Liu Y. 1991. Some ideas on Dafushan massive of Hubei. *Hubei Geology*, 5(2): 45~54 (in Chinese with English abstract).
- Liou J G, Zhang R Y, Jahn B M. 1997. Petrology, geochemistry and isotope data on a ultrahigh-pressure jadeite quartzite from Shuanghe, Dabie Mountains, east—central China. *Lithos*, 41: 59~78.
- Li S G, Xian Y L, Liou D L, Chen Y Z, Ge N Y, Zhang Z Q, Sun S S, Cong B L, Zhang R Y, Hart S R, Wang S S. 1993. Collision of the North China and Yangtze blocks and formation of coesite-bearing eclogites: Timing and processes. *Chemical Geology*, 109: 89~111.
- Maruyama S, Liou J G, Zhang R Y. 1994. Tectonic evolution of the ultrahigh-pressure (UHP) and high-pressure (HP) metamorphic belts from central China. *The Island Arc*, 3: 112~121.
- Meng Q R, Zhang G W. 2000. Geologic framework and tectonic evolution of the Qinling orogen, central China. *Tectonophysics*, 323: 183~196.
- Ree J H, Cho M, Kwon S T, Nakamura E. 1996. Possible eastward extension of Chinese collision belt in South Korea; The Imjingang belt. *Geology*, 24: 1071~1074.
- Suo S, Zhong Z, Hu Y. 1990. Tectonic boundary between Proterozoic and Paleozoic terrains in the northern part of the Xixia and Neixiang, Henan Province. *Scientia Geologica Sinica*, 1: 12~21 (in Chinese with English abstract).
- Suo S T, Zhong Z Q, You Z D. 1999. Location of Triassic tectonic suture between collided Sino-Korean and Yangtze cratons in Dabie—Sulu region, China. *Journal of China University of Geosciences*, 10 (4): 281~286.
- Suo S, Zhong Z, Zhang H F, Zhou H W, You Z. 2001. High-pressure metamorphic belt and its tectonic pattern in Tongbai Mountains, central China. *Earth Science*, 26 (6): 551~559 (in Chinese with English abstract).
- Suo S, Zhong Z, You Z. 2001. Extensional tectonic framework of the Dabie—Sulu UHP—HP metamorphic belt, central China, and its geodynamical significance. *Acta Geologica Sinica*, 75 (1): 14~24 (in Chinese with English abstract).
- Suo S T, Zhong Z Q, Wei B Z, Zhang H F, Zhou H W, You Z D. 2002. Structure and rheological evolution of UHP and HP metamorphic belts in the Tongbai—Dabie—Sulu region, China. *Earth Science*, 27 (5): 549~557 (in Chinese with English abstract).
- Suo S T, Zhong Z Q, Zhou H W, You Z D. 2002. Triassic collisional structures and post-collisional deformation of Bixiling UHP rock stack: Insights for tectonic evolution of UHP metamorphic belt in Dabie messif, central China. *Journal of China University of Geosciences*, 13 (1): 1~13.
- Sun W, Williams I S, Li S G. 2002. Carboniferous and Triassic eclogites in the western Dabie Mountains, east—central China: evidence for protracted convergence of the North and South China Blocks. *J. metamorphic Geol.*, 20: 873~886.
- Wei C, Wu Y, Ni Y, Cheng B, Wang S. 1999. Feature of eclogite and its geological significance in the Tongbai area, Henan Province. *Chinese Science Bulletin*, 44 (17): 1882~1885 (in Chinese).
- Webb L E, Hacker B R, Ratschbacher L, Dong S W. 1999. Thermochronologic constraints on deformation and cooling history of high-and ultrahigh-pressure rocks in the Qinling—Dabie orogen, eastern China. *Tectonics*, 18: 621~638.
- Wang Q, Ling W. 2002. Geodynamics of the Dabieshan collisional orogenic belt. *Earth Science Frontiers*, 9 (4): 257~265 (in Chinese with English abstract).
- Xu Z, Lu Y, Tan Y, Mattauer M, Matte Ph, Malavielle J, Tapponnier P, Maluski H. 1986. Deformation characteristics and tectonic evolution of the eastern Qinling orogenic belt. *Acta Geologica Sinica*, 6 (3): 23~35.
- Xu Z, Lu Y, Tang Y, Zhang Z. 1988. Formation of the composite eastern Qinling Chains. Beijing: Press of China Environmental Science (in Chinese with English abstract).
- You Z, Suo S, Han Y, Zhong Z, Chen N. 1991. The metamorphic processes and tectonic analysis in the core complex of an orogenic belt: eastern Qinling Mountains. Wuhan: China University of Geosciences Press (in Chinese with English abstract).
- Yang J S, Xu Z Q, Li H B, Wu C L, Cui J W, Zhang J X, Chen W. 1998. Discovery of eclogite at northern margin of Qaidam basin, NW China. *Chinese Science Bulletin*, 43: 1755~1760.
- Yang J S, Xu Z Q, Song S G, Wu C L, Shi R D, Zhang J X, Wan Y S, Li H B, Jin X C, Jaliver M. 2000. Discovery of eclogite in Dulan, Qinghai Province and its significance for the HP—UHP metamorphic belt along the central orogenic belt of China. *Acta Geologica Sinica*, 74 (2): 156~168 (in Chinese with English abstract).
- Yang J S, Song S G, Xu Z, Q, Wu C L, Shi R D, Zhang J X, Li H B, Wan Y S, Liu Y, Qiu H J, Liu F L, Maruyama S. 2001. Discovery of coesite in the north Qaidam Early Paleozoic ultrahigh—high pressure (UHP—HP) metamorphic belt, NW China. *Acta Geologica Sinica*, 75 (2): 175~179 (in Chinese with English abstract).
- Yang J S, Xu Z Q, Pei X Z, Shi R D, Wu C L, Zhang J X, Li H B, Meng F C, Rong H. 2002. Discovery of diamond in north Qinling: evidence for a giant UHPM belt across central China and recognition of Paleozoic and Mesozoic dual deep subduction between North China and Yangtze plates. *Acta Geologica Sinica*, 76 (4): 484~494 (in Chinese with English abstract).
- Yang W R, Jian P, Han Y J. 2002. Determination and significance of Caledonian high-pressure and ultrahigh-pressure metamorphism in Dabie orogen. *Earth Science Frontiers*, 9 (4): 273~283 (in Chinese with English abstract).
- Zhang R Y, Liou J G. 1994. Coesite-bearing eclogite in Hanan Province, central China: detailed petrography glaucophane stability and PT-path. *Eur. J. Mineral*, 6: 217~233.
- Zhang R Y, Liou J G. 1997. Partial transformation of gabbro to coesite-bearing eclogite from Yangkou, the Sulu terrane, eastern China. *J. metamorphic Geol.*, 15: 183~202.
- Zhang G, Zhang B, Yuan X, Xiao Q. 2001. Qinling orogenic belt and continental dynamics. Beijing: Science Press (in Chinese).
- Zhang J X, Zhang Z M, Xu Z Q, Yang J S, Cui J W. 1999. The ages of U-Pb and Sm-Nd for eclogite from the western segment of Altyn Tagh tectonic belt—the evidences for existence of Caledonian orogenic root. *Chinese Science Bulletin*, 44: 1109~1112 (in Chinese).
- Zhang J X, Yang J S, Xu Z Q, Meng F C, Song S G, Li H B, Shi R.

2002. Evidence for the ultrahigh-pressure metamorphism in Altun eclogite. Chinese Science Bulletin, 47(3): 231~234 (in Chinese).

On the Relationship between the Two UHP Metamorphic Belts in the Central Orogenic Belt, China

SUO Shutian^{1,2)}, ZHONG Zengqiu¹⁾, ZHOU Hanwen¹⁾, YOU Zhendong¹⁾

1) Faculty of Earth Sciences, China University of Geosciences, Wuhan, 430074

2) Faculty of Earth Sciences and mineral resources, China University of Geosciences, Beijing, 100083

Abstract

In the central orogenic belt of China, at least two UHP metamorphic belts are identified based on detailed structural analysis of the Kanfenggou and Xiangfanggou metamorphic microlithons exposed in the eastern Qinling orogen, together with previous regional structural, petrological and geochronological data at the scale of orogenic domain. The first is the South Altun—North Qaidam—North Qinling UHP metamorphic belt and the second is the Dabie—Sulu UHP and HP metamorphic belts. These two belts are separated by a series of fault-bounded tectonic slices composed of the Qinling Group, Danfeng Group and Liuling or Fuziling Group, and are different in peak age of UHP metamorphism and geodynamic implications for deep subduction and collision of the continent. Regional field and petrological relationships suggest that the Kanfenggou UHP metamorphic microlithon, which contains a large volume of coesite- and microdiamond- bearing eclogite lenses, is compatible with the rocks and structures recognized in the South Altun and North Qaidam UHP metamorphic microlithons exposed in the western part of China, and formed a large UHP metamorphic belt, up to 1000 km long along the orogenic belt. This UHP metamorphic belt represents an intercontinental deep subduction and collision belt between the Yangtze and Sino-Korean cratons, occurring during the Early Palaeozoic (500~400 Ma). On the other hand, the well-constrained Dabie—Sulu UHP and HP metamorphic belts occurred mainly during the Triassic (250~220), and were probably produced by intracontinental deep subduction and collision within the Yangtze craton. The Kanfenggou UHP metamorphic microlithon, situated in the northern Qinling orogenic belt and extending eastwards, does not appear to link with the Dabie—Sulu UHP and HP metamorphic belts, including the northwestern Dabie Mountains and the southern Dabie Mountains, along the orogen. The common occurrence of rutile and representative mineral assemblages of the Xiangfanggou microlithon exposed in the Xixia area, southern Qinling suggest that the Xiangfanggou microlithon underwent high-pressure amphibolite facies metamorphism at pressures close to those of the eclogite facies, and that the Dabie—Sulu UHP and HP metamorphic belts extend from the Tongbai Mountains across the Nanxiang basin to the eastern Qinling Mountains. Consequently, there is no reason to assume the two UHP metamorphic belts as a single giant deep subduction and collision belt in the central orogenic belt between the Yangtze and Sino-Korean cratons. Moreover, any dynamic model for the orogen must account for the development of the UHP metamorphic rocks belonging to two separate tectonic belts of different ages.

Key words: Kanfenggou; Xianfanggou; central orogenic belt; ultrahigh pressure metamorphism; deep subduction; eclogite