

秦岭造山带秦岭杂岩研究中有关问题讨论

郭进京¹, 李怀坤², 陈志宏²

(1. 天津城市建设学院, 天津 300384; 2. 天津地质矿产研究所, 天津 300170)

摘要: 分布于北秦岭造山带南部, 夹持于商丹断裂带与朱夏断裂带之间的秦岭杂岩是秦岭造山带中最古老的前寒武纪基底块体之一。它是秦岭造山带中前寒武纪地壳形成与演化的地质记录, 经历了晚元古代以来多旋回俯冲碰撞造山作用过程中多期构造热事件的改造, 包含了大量反映秦岭造山带形成与演化的动力学过程地质信息。虽然前人对秦岭杂岩已经进行了广泛深入研究, 发表了大量的研究论著, 提出了许多新认识和新见解, 如从原秦岭群中解体出松树沟蛇绿岩片、峡河山群、古深成花岗片麻岩体等; 高压变质岩(榴辉岩, 高压麻粒岩)的发现; 多期变形与变质特征的认识等。但由于秦岭杂岩问题的复杂性, 某些认识或问题仍有待进一步研究探讨。其中(1) 松树沟蛇绿岩片是否真正蛇绿岩? 松树沟超镁铁质岩体与其围岩变质镁铁质岩是否同时代? 它们的构造变形与变质历史是否相同? (2) 峡河山群组成、分布、时代、构造意义及其与秦岭群片麻岩的关系; (3) 秦岭岩群的组成、主变质期和变形期的时代及性质; (4) 晋宁期花岗岩带形成的构造背景及动力学意义; (5) 已有同位素测年数据确切的地质意义; (6) 高压变质岩的分布、产出状态、与围岩的关系、时代、成因及构造意义是秦岭杂岩研究中的基本问题。文中对上述有关问题进行了简要讨论, 提出了今后秦岭杂岩研究的重点应放在构造事件、变质热事件、岩浆事件及其相互关系研究和这些地质事件的精确的同位素测年工作。

关键词: 秦岭造山带; 秦岭杂岩; 松树沟蛇绿岩; 峡河山群; 地质事件; 同位素测年

中图分类号: P534.1

文献标识码: A

文章编号: 1672-4135(2003)02-95-08

秦岭杂岩(原秦岭岩群)作为秦岭造山带中最古老的前武纪基底变质杂岩历来为研究秦岭造山带的中外地质学家所关注。“秦岭群”是由黄汲青、赵亚曾提出的“秦岭系”演变而来。1960年陕西地调队首先使用了“秦岭群”这一地层名称(1/20万宝鸡幅地质图), 之后在地质界“秦岭群”开始被广泛使用。但对秦岭群的真正深入研究应该说是始于20世纪70年代末^[1]。张国伟、周鼎武等^[2,3,4]曾对商丹地区的秦岭群, 游振东、索书田等^[5,6,7]曾对西峡蛇尾地区的秦岭群, 安三元^[8]曾对太白地区的秦岭群进行过专题研究。与此同时河南区调队的地调4队、西安地质学院区调队1/5万填图基本覆盖了南阳盆地以西的秦岭群主体。应该说秦岭群的研究已经取得了重大进展^[9]。但不可否认, 时至今日在有关秦岭杂岩的组成、时代、主变质期时代与性质, 变形期次、样式、时代及动力学机制, 构造属性(是华北克拉通或扬子克拉通或独立基底地块), 显生宙

板块俯冲—碰撞造山过程中的构造功能(岛弧或推覆体)等基本问题的认识上的分歧依然存在。许多问题(包括一些最基本的问题)仍需进一步研究。作者试图在对大量前人研究成果分析的基础上, 结合自己的研究工作对秦岭杂岩中的有关问题做一讨论, 不当之处敬请批评指正。

1 关于秦岭杂岩的组成

秦岭杂岩位于北秦岭造山带的南部边缘, 近东西向绵延近千千米, 呈几个巨大的透镜体断续分布, 自西而东形成了五个自然区: 太白地区、眉县—户县黑河—涝峪地区、长安—柞水县间的丰峪—商县西地区、西峡地区—镇平北部地区的桐柏地区^[2], 其中以南阳盆地与商县之间的巨大透镜体最具代表性, 这一地段“秦岭群”南以商丹断裂带为界, 北以朱夏断裂带为界。

“秦岭群”不同时期的含义是不同的。陕西区调队首先从原秦岭群中解体出丹凤群, 后来又先

收稿日期: 2003-01-22

基金项目: 国土资源部科技项目(2000305); 国家自然科学基金项目(40032010-c)

作者简介: 郭进京(1962), 男, 博士, 天津城市建设学院教授, 主要从事构造地质、岩土工程教学与研究。

后从秦岭群中解体出厚层大理岩推覆岩、炉道一小河面岩块、西平结晶灰岩岩块^[2]、中晚元古宙构造岩(松树沟蛇绿岩)^[4]、原“秦岭群”已非意义明确的地层单位,而是一真正意义上的变质杂岩体。

原秦岭群的解体是秦岭杂岩研究的主要进展。但解体后又出现了新的问题,如:解体后,秦岭杂岩的各构造地层之间的关系、变质与变形特征的异同、构造岩石组合性质、原岩形成的时代和变形变质的时代以及它们与整个秦岭造山带构造演化的动力学过程的相容性。其中松树沟蛇绿岩问题、大理岩推覆体问题是关于秦岭杂岩组成研究中的三个基本问题。

1.1 关于大理岩推覆体问题

秦岭杂岩中存在一套特征明显的厚层粗晶含石墨大理岩。张国伟^[2]根据这套岩石与下伏真正秦岭群的片麻岩之间存在大型韧性推覆剪切带、构造演化序列的不同及同位素年龄和生物化石资料的差异,认为它是自北而南推覆而来的无根外来岩块,不属于真正的秦岭群。然而游振东等^[6,7,8]对西峡蛇尾地区秦岭群杂岩的研究却认为它们与真正秦岭群片麻岩是整合关系,并且具有相同的变形变质历史,是秦岭群的组成部分。河南省地调四队小水—夏关幅 1:5 万填图资料也表明这套大理岩与片麻岩是一套地层单位,属秦岭群。我们对西峡蛇尾地区秦岭杂岩中这套大理岩的构造变形观测研究发现这套大理岩不仅与秦岭群片麻岩呈过渡关系,而且大理岩的构造样式与变形期次与秦岭群片麻岩的完全相同^[13,14],因此认为秦岭杂岩中的大理岩属于真正秦岭群的组成部分。那么如何解释同位素年龄和古生物化石资料及对变形变质特征认识的矛盾就成为解决这套大理岩归属的关键问题。进一步详细的构造变形分析、精确的同位素测年和地球化学研究是必要的。

1.2 峡河山群问题

峡河山群是河南省区调队 1993 年在寨根 1:5 万填图中从秦岭群中解体出的一大片岩系。之后商南幅(裴先治,1996)和狮子坪幅(王涛,1996) 1:5 万填图中沿用了这一构造地层单位名称。王涛等^[11]还就峡河岩群问题进行了专门讨论。目前厘定的峡河山群分布在豫陕交界处及豫西一带,发育于秦岭杂岩中部,是一大套低角闪岩相—绿片岩相变质的细碎屑岩和钙硅酸盐组合,总体呈北宽南窄的楔形,呈北西向展布,与秦岭群呈韧性

剪切带接触,将秦岭群一分为二。峡河山群的形成时代主要根据侵入其中的德河岩体(793.9 ± 32) Ma (Rb - Sr)^[7]、寨根岩体 812 Ma (锆石 U - Pb,河南省区调队,1995)、斜长角闪岩($1\ 605 + 76$) Ma Rb - Sr 等时线年龄,暂归属为中元古代^[11],主变质期和主变形期为晋宁期。

德河岩体两侧确实存在的一套变质程度相对较浅的钙硅酸盐、黑云斜长变粒岩、黑云石英片岩、二云母片岩,含石榴石二云斜长变粒岩或片岩的岩石组合。这套岩石组合结晶细小,沉积韵律极为发育,具有复理石或浊积岩特征,构造变形简单,未见复杂叠加褶皱,而且未出现秦岭群中常见的深融长英质条带和花岗岩及伟晶岩脉体,这套地层即最早厘定的峡河山群。但再往北的峡河山群则不具备上述特征,它们构造变形复杂,叠加褶皱发育,枢纽变位复杂,出现近南北向片理包络面,这与秦岭群片麻岩的构造特征一致,似应归于秦岭群。狮子坪幅的峡河岩更是与秦岭群的岩石组合、变形变质特征相似。因此峡河山群的含义和分布范围尚须进一步研究。

就目前的研究,笔者认为峡河山群的主要问题有三个:1) 峡河山群的组成与分布;2) 峡河山群原岩组成和变形、变质、岩浆活动事件的精确定年;峡河山群本身构造变形的样式、期次与秦岭群的异同,尤其是峡河山群与秦岭岩群的构造边界性质。

1.3 松树沟蛇绿岩片问题

松树沟蛇绿岩是从原秦岭群中解体出来的构造岩片,它主要由超铁镁质岩和镁铁质岩以构造关系叠置组成,已强烈变形变质,变质达角闪岩相,是无根的异地蛇绿岩片。由于其地质意义重大,所以前人已对其变质岩石学、地球化学、构造变形特征等进行了较为详细的研究^[9,12,15~20]。主要进展有:1) 变质铁镁质岩(榴闪石)中发现高压基性麻粒岩的残留^[15]和与其相邻的秦岭群片麻岩中发现长英质高压麻粒岩^[16];2) 超铁镁质与镁铁质岩之间为断层接触,现今表现为规模不大的片理化带;3) 变铁镁质岩(榴闪岩)中获得了(983 ± 140) Ma Sm - Nd 矿物等时线年龄^[21]。认为它代表了高压变质岩的退变质作用年龄,高压变质作用是洋壳俯冲的变质记录,(983 ± 140) Ma 代表松树沟蛇绿岩片的构造成就位时代;4) 岩石地球化学研究认为松树沟蛇绿岩片代表了中元古代有限扩张小洋盆的洋壳残片,晋宁期俯冲碰撞造山作用使松树沟蛇绿岩

片产生高压变质、退变质和强烈的构造变形,构造就位增生于陆壳^[9,17]。

目前所圈定的松树沟蛇绿岩片在秦岭造山带中是一独特的地质体,沿北秦岭南的商丹构造带再也没有第二个相同或相似的地质体。据我们对所谓的松树沟蛇绿岩片的观察研究,认为是否为真正的蛇绿岩片仍然需进一步研究。

首先松树沟超镁铁质岩构造变形相对简单,与其相邻的镁铁质岩(斜长角闪岩、榴闪岩)变形则较为复杂。镁铁质岩中多期褶皱叠加和陡倾竖片理的存在,显示出与秦岭群片麻岩相同的构造样式,说明其与秦岭群是密不可分的。松树沟超镁铁质岩为韧性推覆剪切带所围限,岩体虽经历了强烈的糜棱岩化,但内部仍有大量的具岩浆堆晶结构的中粗粒橄榄岩残块,构造研究表明它们没有经历地幔环境下高温高压低应变速率塑性流变的改造,也不能代表蛇绿岩底部的地幔橄榄岩^[22]。松树沟超镁铁质岩岩体与其围岩斜长角闪岩或榴闪岩之间以韧性剪切带相接触,这一韧性剪切带主要发育在岩体中,围岩中仅出现几十厘米的由斜长角闪岩退变质的云母片岩带。据此认为松树沟岩体是在其围岩角闪岩相变质以后构造就位的。再考虑到斜长角闪岩的变形样式与松树沟岩体的不同,认为松树沟岩体可能不易与围岩归并为同一构造旋回的地质体,而可能是新元古代—早古生代构造就位的异地体,是加里东期俯冲过程中的来自南部的异地推覆体。斜长角闪岩则是秦岭群的组成部分。

其次,松树沟蛇绿岩片是否为真正的蛇绿岩的另一个问题是缺乏精确的同位素测年资料。松树沟岩体的形成年代、斜长角闪岩或榴闪岩的原岩时代、变质时代、变形时代、韧性剪切带的时代等都没无歧义的同位素测年数据的约束。因此,我们认为松树沟蛇绿岩片仍然是一个需要深入研究问题,尤其是详细的构造变形分析、精确的年代学和地球化学研究。

从商县—丹凤—西峡—镇平北部的秦岭杂岩分析,除了狮子坪幅的双槐树大理岩和寨根幅德河岩体两侧的峡河山群明显不属秦岭群外,其他部分应统属秦岭群。秦岭群由于多期复杂叠加褶皱,尤其是大量倾伏褶皱使得地层的包络面呈北东向或近南北向,所以沿走向岩石组合难于直接对比。对于这种复杂褶皱的前寒武纪变质杂岩研究,要厘定出层序是困难的,但分出几套

组合还是可以的。综合观测,秦岭群可以分出如下几套特征性岩石组合:1) 石英岩组合:这套组合虽然不是主体,但在后坪—寨根剖面的北部都可见到。2) 副变质的片麻岩组合:这一套组合是秦岭群主体,无论河南境内还是陕西境内都有大面积出露,主要由各种黑云斜长片麻岩、含石榴黑云斜长片麻岩、含矽线石黑云(二云)斜长片麻岩组成,这套组合中混合岩化条带发育,褶皱复杂,且有大量花岗岩脉和伟晶岩脉插入,并且卷入晚期褶皱。3) 含矽线石石墨二云石英片岩—石英岩(含有大量黄铁矿)组合:这套组合在商南幅和小水—夏关幅中可以见到,石墨矿主要产在这套组合中。4) 粗粒大理岩、含石墨大理岩组合:这套组合是秦岭群特征组合之一,在西峡—蛇尾剖面出露最广,这套大理岩与片麻岩构造协调,褶皱复杂,要从秦岭群中分出来难以找到证据。5) 钙硅酸盐岩:这是一套介于泥砂质—泥质沉积和碳酸盐岩沉积之间过渡类型的沉积岩,角闪岩相变质后形成由透辉石、透闪石、金云母、橄榄石、斜长石、石英等组成的各种变粒岩。6) 斜长石组合、角闪石组合:以松树沟的斜长角闪岩、狮子坪幅中韭菜沟的斜长角闪岩为代表,东部出现较少,这套组合中构造变形与秦岭群中片麻岩是协调的,单独划出作为蛇绿岩片存在一些难以解释的问题。

综上所述秦岭群是一套石英岩、片麻岩、大理岩、变质钙硅酸盐岩、斜长角闪岩组成的中深成变质的沉积—火山岩系,以富铝、富碳、富碳酸盐岩为特征,具有类孔兹岩的特征,是否可以华南、华北早前寒武纪孔兹岩系对比是一值得研究的问题。

2 关于秦岭杂岩的变质特征与主变质期的时代

秦岭群以中高级区域变质为主要特征,张秋生^[1]、余良济等^[23]、游振东等^[7]、张国伟等^[2,3,4]、安三元等^[8]、刘广惠等^[24]、白瑾等^[14]、裴先治等^[12]、张维吉等^[25]都曾对秦岭群的变质特征做过研究和讨论。从整体上说,秦岭群的变质矿物组合反映了秦岭群变质普遍达角闪岩相,虽然存在退变质作用,但并不普遍,不足以改变秦岭群总体变质面貌。富铝片麻岩中出现矽线石、兰晶石、铁铝榴石等特征变质矿物;不纯碳酸盐中出现透辉石、橄榄石、透闪石、金云母等特征变质矿物;斜长

角闪岩中出现普通角闪石、石榴石等特征变质矿物;大理岩的粗粒状变晶结构等都说明普遍达高角闪岩相或角闪岩相,桐柏地区变质程度达麻粒岩相。但关于塑造秦岭群主要变质面貌的麻粒岩相—角闪岩相的区域变质发生的时代的认识分歧较大,中条期^[2,3,14,23,29]、晋宁期^[7,12]、加里东期^[8]的认识都有。从目前的文献看,主变质期为晋宁期的观点已成主流,然而这一认识尚缺乏精确的同位素测年和无歧义解释数据的有利支持。同时秦岭群自身变形、变质与岩浆活动事件年代格架建立也需要精确的同位素测年的支撑。此外,秦岭杂岩南北两侧榴辉岩和高压麻粒岩的发现^[5,16,27,28]使秦岭群的变质历史更加复杂化,它们是晋宁期俯冲造山或加里东期碰撞造山的产物或是更早(古元古代)构造热事件的残留?这成为一个难以解释的问题。这些高压变质岩石毫无例外包括在秦岭群片麻岩中,与片麻岩构造协调,这就提出如下问题需要进一步研究:是全部秦岭群都卷入了高压变质作用还是仅这些小包体?是原地,还是异地?它来自何方?如何进入秦岭群中?其成岩时代、变质时代如何?这些问题至少目前没有明确答案。

3 关于秦岭杂岩的构造变质期次、样式、时间及动力学

秦岭杂岩多期变形的认识始于二十世纪八十年代初^[11],但对其多期变形的深入研究还是在八十年代后期以来的事情,以张国伟、周鼎武^[2]对秦岭杂岩的构造变形分析研究、游振东等^[7]对西峡蛇尾一带秦岭杂岩的变质历史分析、安三元等^[8]对太白山地区秦岭杂岩的构造研究以及1/5万地质填图中构造变形研究(河南省地调四队,1988、1991;河南省区调队,1995;裴先治,1996;王涛,1996)为代表。笔者也曾对西峡蛇尾—内乡马山口地区的秦岭杂岩进行过较系统的观察研究^[13,14]。

游振东等^[7]的研究认为秦岭群的基本构造样式是线状强应变带或韧性剪切带透镜状弱应变域的规律组合,也可以说是不同尺度下剪切透镜体的拼接和堆叠。弱应变域中可以识别三个褶皱幕:第一幕发育了不同尺度的平卧褶皱;第二幕发育了不对称倒转褶皱及NW-SW向鞘褶皱,局部伴有韧性剪切带;第三幕是正弦曲线状开阔褶皱,它决定了秦岭群现今的主体构造。秦

岭群的角闪岩相变质可能与第一和第二幕褶皱变形同时,其变质年龄为900 Ma ~ 1 000 Ma,即晋宁期。另外秦岭群还经历了加里东期韧性再造、印支期退变质作用和燕山期的脆性改造。

张国伟、周鼎武等^[2,3]对商丹地区的秦岭群的研究表明秦岭群经历了5期变质变形:

(1)以原始层理(S_0)为形变面,形成不同尺度的平卧褶皱和片内无根褶皱(F_1),具Ga + Bi + Pl + Q和Hb + Pl + Bi的角闪岩相矿物组合,这些矿物定向构成区域透入性片理(S_1),这期变形变质发育在秦岭杂岩的下岩性段(相当于真正的秦岭群)。这期变形变质反映了古元古宙末的重要构造运动,相当于华北克拉通古老结晶基底的形成时期。

(2)发育在秦岭杂岩的上、下岩性段。在上岩性段形成紧闭褶皱—平卧褶皱,产生强烈的面理置换,发育以Chl + Pl + Bi + Q等低角闪岩相—高绿片岩相矿物为特征的透入性片理(S_2);下段岩性中则形成以 S_1 为形成面的共轴叠加改造先期平卧褶皱(F_1)的褶皱。这期变形变质可能是秦岭杂岩上、下构造岩层段在晋宁期以硅铝造山作用方式相拼接,从而组成了前寒武纪基底岩块。

(3)以强烈广泛的花岗岩穹窿及宽缓背形构造(F_3)、广泛发育韧性前切带为特征,并发生了大理岩块自北而南的逆冲推覆,该期受强烈热动力变质作用,形成Sill + Pl + Kf和Sill + Ms + Pl矿物组合的高角闪岩相的叠加变质。该期变形变质是秦岭杂岩在新元古宙—早古生代时期作为岛弧基底受了加里东期板块俯冲碰撞造山作用中构造热事件的强烈改造。

(4)由弱应变区的开阔褶皱(F_4)和强应变区的紧闭褶皱(F_4)及强片理(S_4)共同组成该构造形式,同时发育韧性—脆性剪切带,伴随发生由线状高应变带控制的绿片岩相动力退变质作用。这期变形变质反映了海西—印支期秦岭造山带陆—陆碰撞的主造山期对秦岭杂岩的改造。

(5)发生在中生代时期,主要表现在秦岭杂岩作为刚化地块的块体运动,以韧性—脆性逆冲推覆和平移走滑及断块活动为特征,发育大量脆性破裂X型节理等构造。

裴先治^[12]在对商南地区秦岭杂岩石1/5万地质填图中也曾提出了与张国伟、周鼎武^[2,3,4]相似的秦岭杂岩构造变形序列。但他更多强调了晋宁期构造变形的重要性,而未提及古元古代末吕梁期的构造事件,认为晋宁期的两幕变形奠

定了秦岭杂岩的构造样式。笔者^[13]在对河南境内的秦岭杂岩的构造变形分析后,认为秦岭杂岩的构造样式主要是由三期褶皱叠加所致,即第一期的近南北向的平卧褶皱、第二期的近南北向的斜歪褶皱和第三期的北西西向直立倾伏褶皱叠加变形的产物。并认为第一期和第二期褶皱是吕梁期造山运动的反映,而第三期褶皱则可能是晋宁期或加里东期造山运动的叠加构造的结果。

秦岭杂岩的解体表明原来的秦岭群并不是一个前寒武纪统一的地层单位,而是屡经变动拼合而成的构造组合体^[2,3,4,9]。商南松树沟绿片岩和豫陕交界的西平—寨根一带峡河山群的解体出来应当说意义重大。但这种认识尚缺乏详细的构造变形分析资料的约束,因此秦岭杂岩构造变形分析研究工作还需受到重视,尤其是对构造变形的几何学和运动学分析。我们认为今后秦岭杂岩的构造变形研究应抓住以下问题:

(1) 研究真正的秦岭群与从秦岭群中解体出的岩片或岩块在构造变形期次、性质、几何学、运动学、褶皱叠加形式、变形与变质、变形与岩浆事件关系等方面的异同,为秦岭杂岩的厘定提供可靠详实的资料。

(2) 研究真正的秦岭群与从秦岭群中解体出来的岩片或岩块之间的接触关系,如果是韧性剪切带,那么韧性剪切带的几何学、运动学特征如何?韧性剪切带的变形与上、下岩块或岩片的变形对应关系什么样?这对于认识秦岭杂岩中块体的拼接时间特征具有特别重要的意义。

(3) 秦岭杂岩中陡倾伏褶皱发育是其为主要特征之一。研究工作表明秦岭群至少经历了四期褶皱变形。每期变形的构造要素(面理、线理)由于相互干涉变化很大,难以在图面上显示出来。尤其是褶皱枢纽变位极为复杂,但陡倾斜或倾竖褶皱的广泛出现(无论是长英质片麻岩,还是斜长角闪岩或大理岩)是其最为显著的特征,这种陡倾伏褶皱控制了秦岭杂岩的岩石地层分布。这种类型褶皱包络面呈北东或南西向展布,所以岩石组合沿秦岭造山带主体构造方向(东西或北西西)难以进行对比。它的形成机制是一值得研究的课题。如果说晋宁构造旋回的构造方向已是北西西,那么前晋宁期(即吕梁期)的构造方位是什么?如果都是北西西,那么为什么秦岭杂岩中会出现陡倾伏褶皱和岩石组合呈北北东向展布?

(4) 秦岭杂岩的早期变形的平卧褶皱、麻粒

岩相—角闪岩相的主变质期、混合岩化长英质条带是吕梁期还是晋宁期,这需要构造变形分析和精确的同位素测年结合研究。

4 关于秦岭杂岩中的晋宁期花岗岩带

花岗岩带作为板块俯冲碰撞,大陆块体会聚裂解的地质记录历来为大地构造学家所关注,尤其是对秦岭造山带这种经历了多旋回造山作用,早期地质记录保存不完整的地区而言,要重塑前寒武纪的构造格局和块体会聚裂解的历史,花岗岩带的研究就成为一个重要的突破点。

秦岭杂岩中含有晋宁期地质信息的花岗岩体包括:商南岩体(889 Ma + 22 Ma, 锆石 U - Pb)^[12]、德合岩体(1 156 Ma, Sm - Nd, 张宗清; 794 + 32 Ma, Rb - Sr, 游振东)、富水杂岩体(761 Ma + 87 Ma, Rb - Sr)、牛角山岩体(959 Ma + 3.6 Ma, 锆石 U - Pb, 王涛)^[29]、蔡凹岩体(659 Ma + 50 Ma, 全岩 Rb - Sr, 张本仁等)^[30]、黄柏峪岩体(670 Ma + 40 Ma, 全岩 Rb - Sr, 张本仁等)^[30]等。其中牛角山岩体、德合岩体、商南岩体和寨根岩体的岩石与地球化学特征都具有碰撞花岗岩的构造属性,而黄柏峪岩体、蔡凹岩体、富水基性杂岩体则显示出俯冲型花岗岩特征^[7,9,12,31],这说明秦岭杂岩在晋宁期中扮演了重要角色。这些晋宁期碰撞花岗岩带的出现说明秦岭杂岩当时位于俯冲带的上盘和碰撞造山带的核部。秦岭杂岩新解体出的峡河山群(德合岩体侵入其中)可能代表了弧前堆积的残留,而秦岭杂岩以北宽坪岩群可能代表了当时的弧后盆地堆积。晋宁期的俯冲碰撞造山作用在北秦岭形成了宽阔的碰撞造山带,秦岭杂岩中出现 900 Ma 左右构造热事件年龄、宽坪岩群中 900 Ma 左右强烈的变形变质、德合岩体同变形变质侵位与峡河山群以及上述的晋宁期碰撞花岗岩都指示了晋宁期碰撞造山带的存在。

5 关于秦岭杂岩同位素测年研究

秦岭杂岩作为前寒武纪基底块体夹杂在具有长期而复杂的构造演化历史的秦岭造山带中,除了经历了前寒武纪形成时的多期构造热事件的改造(尤其是晋宁期),还经历了加里东期的构造热事件的强烈改造。同位素体系的多次改造与重设(resetting)使得秦岭杂岩中出现了各种年龄(表 1、2)。对年龄数据的解释也是仁者见仁,智者见智。目前关

于秦岭杂岩的年代学争论主要有两个:一是秦岭杂岩的原岩形成时代;二是秦岭杂岩的主变质时期。前者主要问题是秦岭杂岩中哪些是古元古代,哪些是中元古代,而后者主要问题是秦岭杂岩的主变质期是吕梁期还是晋宁期?在目前沉积岩或变质沉

积岩测年尚没有十分有效的方法和 Rb - Sr 和 Sm - Nd 方法对多期变质热事件的确定尚有一定局限性的情况下,利用岩浆事件的单颗粒锆石年龄测年与变质事件、变形事件关系来建立秦岭杂岩的前寒武纪重大地质事件的年代可能是行之有效的方法。

表1 秦岭造山带中秦岭杂岩同位素测年数据一览表

Table 1 Isotopic age of Qinling complex in Qinling Orogenic Belt

单位	岩石类型	测年方	年龄 (Ma)	采样位置	文献出处
秦 岭 杂 岩	锆石 U - Pb	锆石 Pb - Pb	(2 226 + 173) Ma (2 226 - 153) Ma	西峡蛇尾	张宗清等(1991,1994)
	黑云斜长片麻岩	锆石 Pb - Pb	(2 172 ±53) Ma	西峡蛇尾	张宗清等(1994)
	斜长角闪岩	全岩 Sm - Nd 等时线	(1 987 ±49) (2) Ma	西峡蛇尾	张宗清等(1994)
	斜长角闪岩	全岩 Sm - Nd 等时线	1 948 Ma	丹凤涌峪	张宗清等(1994)
	黑云斜长片麻岩	全岩 Rb - Sr 等时线	(990.68 ±0.39) Ma	内乡马山口	游振东等(1989,1991)
	变斑状钙质黑云片岩	全岩 Rb - Sr 等时线	(973 ±34) Ma	西峡寨根南界牌	游振东等(1989,1991)
	石榴黑云斜长片麻岩	锆石 U - Pb	(1 252 + 126) Ma (1 252 - 96) Ma	丹凤涌峪	张宗清等(1994)
	石榴黑云斜长片麻岩	全岩 Sm - Nd 等时线	(1 169 ±258) Ma	丹凤涌峪	张宗清等(1994)
	角闪黑云斜长片麻岩	锆石 U - Pb	(744.2 + 7.1) Ma (744.2 - 6.7) Ma	商南大河	裴先治(1994)
	黑云角闪斜长片麻岩	锆石 Pb - Pb	(849.7 ±5.6) Ma	内乡板厂	游振东等(1991)
	麻粒岩	全岩 Rb - Sr 等时线	(878 ±176) Ma	桐柏地区	翟淳等(1990)
	麻粒岩	锆石 U - Pb	(1 146 ±65) Ma	桐柏地区	翟淳等(1990)
	花岗质片麻岩	锆石 Pb - Pb	(776 ±8) Ma (746 ±10) Ma	桐柏地区	Kroner et al(1993)
	石榴斜长角闪岩	全岩矿物 Sm - Nd 等时线	(983 ±140) Ma	商南松树沟	李曙光等(1991)
	斜长角闪岩	全岩 Sm - Nd 等时线	(1 030 ±46) Ma	商南松树沟	董云鹏等(1997)
峡河	斜长角闪岩	全岩 Sm - Nd 等时线	(978 ±79) Ma	丹凤涌峪	张宗清等(1994)
山群	斜长角闪岩	全岩 Sm - Nd 等时线	(1 605 ±76) Ma	卢氏大牌楼沟	裴先治等(1996)

表2 北秦岭造山带秦岭杂岩中新元古代花岗岩带同位素测年数据一览表

Table 2 Isotopic age of New - Proterozoic granites of Qinling complex in Qinling Orogenic Belt

单元	岩体名称	岩石类型	测年方法	测年结果	资料来源
秦 岭 杂 岩	牛角山岩体	黑云母二长花岗岩	锆石 U - Pb	(959 ±3.6) Ma	王涛等(1996)
	寨根岩体	黑云母二长花岗岩	锆石 U - Pb	821 Ma	南区调队(1994)
	德河岩体	黑云母二长花岗岩	全岩 Rb - Sr	(792 ±32) Ma	游振东等(1991)
	德河岩体	黑云母二长花岗岩	全岩 Sm - Nd	1 156 Ma	张宗清等(1998)
	商南岩体	黑云母花岗闪长岩	锆石 Pb - Pb	(889 ±22) Ma	裴先治(1996)
	蔡凹岩体	含角闪石黑云母花岗闪长岩	全岩 Rb - Sr	(659 ±50) Ma	张本仁等(1990)
	黄柏峪岩体	含角闪石黑云母花岗闪长岩	全岩 Rb - Sr	(670 ±40) Ma	张本仁等(1990)
	吐雾山岩体	碱性花岗岩	锆石 U - Pb	723 Ma	卢欣祥(1999)

秦岭群中除了一些具有一定规模的呈北西向延伸的花岗质、花岗闪长片麻岩体外,还出现了一些特有的岩浆活动事件。1) 顺片麻理出现的变质出溶长英质条带:这些长英质脉条带在片麻岩中极为普通,与围岩呈渐变或截然不同,它们可能是秦岭群角闪岩相变质晚期减压升温的产物,其时代可能代表了秦岭群主变质期的时

代。2) 顺片麻理切斜片理的细 - 中细粒浅色花岗岩脉(有时还含有石榴石):这种脉体虽然切割片麻理,但也卷入晚期叠加褶皱,它是确定秦岭形成时代的良好测年对象。3) 花岗伟晶岩脉:这种伟晶岩脉规模有大有小,宽 1 m ~ 10 m,它切过片麻理,并穿切上述花岗岩脉,含石榴石。但它同样也发生了褶皱变形。它的时代对确定秦

岭热事件的时代具有重要意义。4) 基性岩墙群: 它切穿地层和细粒花岗岩, 产状陡立, 说明它形成时代晚, 它的时代可能和新元古代大陆裂解有关。对上述岩浆活动事件的年代测定将会对秦岭杂岩不同部分的形成时代、变质事件、构造变形事件的时代确定提供重要约束, 为秦岭杂岩的构造演化的时空格架奠定基础。

参考文献:

- [1] 张秋生. 中国秦岭变质地质[M]. 长春: 吉林人民出版社, 1998, 222.
- [2] 张国伟, 等. 秦岭造山带的形成与演化[M]. 西安: 西北大学出版社, 1988, 192.
- [3] 张国伟, 周鼎武. 秦岭杂岩和秦岭造山带[A]. 刘国惠, 张寿广. 秦岭 - 大巴山地质论文集(一)——变质地质[C]. 北京科学技术出版社, 1990, 11 - 14.
- [4] 周鼎武, 张国伟. 秦岭群的再解体 and 秦岭造山带中的晋宁运动[A]. 叶连俊, 钱祥麟, 张国伟. 秦岭造山带学术讨论会论文集[C]. 西安: 西安大学出版社, 1991, 11 - 25.
- [5] 游振东, 索书田, 韩郁菁, 等. 秦岭杂岩的变形变质史[A]. 刘国惠, 张广仁. 秦岭 - 大巴山地质论文集(一)——变质地质[C]. 北京: 北京科学技术出版社, 1990, 1 - 10.
- [6] 游振东, 索书田, 韩郁菁, 等. 秦岭造山带核部杂岩的基本特征与东秦岭大陆地的构成[A]. 叶连俊, 钱祥麟, 张国伟. 秦岭造山带学术讨论会论文集[C]. 西安: 西安大学出版社, 1991, 1 - 14.
- [7] 游振东, 索书田. 造山带核部杂岩变质过程构造解析——以东秦岭为例[M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 1991.
- [8] 安三元, 张维吉, 杨家喜, 等. 陕西太白地区秦岭群的岩石组合与变质作用[A]. 刘国惠, 张广仁. 秦岭 - 大巴山地质论文集(一)[C]. 北京: 北京科技出版社, 1990, 25 - 39.
- [9] 张国伟, 张广仁, 袁学诚, 等. 秦岭造山带与大地动力学[M]. 北京: 科学出版社, 2001, 885.
- [10] 陈瑞保, 张延安. 豫西陕河岩群层序及变形特征[J]. 河南地质, 1993, 11(2): 20 - 28.
- [11] 王涛, 胡能高, 杨家喜, 等. 东秦岭陕河岩群及有关问题讨论[J]. 中国区域地质, 1997, 16(4): 415 - 421.
- [12] 裴先治. 东秦岭商丹构造带的组成与构造演化[M]. 西安: 西安地图出版社, 1997.
- [13] 郭进京. 秦岭造成山带中秦岭群内初始北北东向构造方位及其地质意义[J]. 前寒武纪研究进展, 1998, 21(1): 26 - 33.
- [14] 白瑾, 黄学光, 王惠初, 等. 中国前寒武纪构造演化[M]. 北京: 地质出版社, 1996, 259.
- [15] 刘良, 周鼎武. 东秦岭商南松树沟高压基性麻粒岩的发现及初步研究[J]. 科学通报, 1994, 39(17): 1599 - 1601.
- [16] 刘良, 周鼎武, 王焰, 等. 东秦岭杂岩中的长英质麻粒岩及其意义初探[J]. 中国科学, 1996, 26(增): 56 - 63.
- [17] 周鼎武, 张泽军, 董云鹏, 等. 东秦岭商南松树沟元古宙蛇绿岩片的地质地球化学特征[J]. 岩石学报, 1995, 8(增): 154 - 164.
- [18] 周鼎武, 董云鹏, 刘良, 等. 松树沟元古宙蛇绿岩 N、S、P 同位素地球化学特征[J]. 地质科学, 1998, 33(1): 31 - 38.
- [19] 董云鹏, 周鼎武, 刘良. 东秦岭松树沟蛇绿岩中超镁铁质岩的侵位机制及其构造演化[J]. 1997, 32(2): 177 - 180.
- [20] 张泽军, 周鼎武, 董云鹏. 秦岭造山带松树沟古元古宙蛇绿岩及其大地构造背景[J]. 大地构造与成矿学, 1995, 19(2): 121 - 132.
- [21] 李曙光, 陈移之, 张国伟. 一个距今 10 亿年侵入的阿尔卑斯型橄榄岩体——北秦岭晚元古代板块机制的证据[J]. 地质论评, 1991, 37(3): 325 - 341.
- [22] 宋述光, 苏梨, 杨合群, 等. 陕西商南松树沟橄榄岩体的成因机制[J]. 岩石学报, 1998, 14(2): 212 - 221.
- [23] 余良济, 彭应达, 李采一. 河南省早元古代秦岭群变质岩石及变质作用特征[A]. 董伸保, 沈其韩. 中国变质地质图编制与研究论文集(第一集)[M]. 北京: 地质出版社, 1987, 92 - 105.
- [24] 刘广惠, 张广寿, 游振东, 等. 秦岭造山带主要变质岩群及变质演化[M]. 北京: 地质出版社, 1993, 109.
- [25] 张维吉, 孟宪恂, 胡健民, 等. 祁连山 - 北秦岭造山带结合部位构造特征与造山过程[M]. 西安: 西北大学出版社, 1994.
- [26] 张国伟, 张宗清, 董云鹏. 秦岭造山带主要构造岩石地层单元的构造性及其大地构造意义[J]. 岩石学报, 1995, 11(2): 101 - 104.
- [27] 胡能高, 赵东林, 徐柏青, 等. 北秦岭含柯石英榴辉岩的发现及其意义[J]. 科学通报, 1994, 39(21): 2013.
- [28] 胡能高, 王涛, 杨家喜, 等. 秦岭造山带内高压榴辉岩变质带与元古宙碰撞作用[J]. 中国区域地质, 1995, (2): 142 - 148.
- [29] 王涛, 李伍平, 王晓霞. 秦岭杂岩牛角山花岗岩片麻岩体锆石 U - Pb 同位素年龄及其地质意义[J]. 中国区域地质, 1998, 17(3): 262 - 265.
- [30] 张本仁, 等. 秦区域地球化学文集[M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 1990.
- [31] 张宏飞, 张本仁, 骆庭川. 北秦岭新元古代花岗岩类成因与构造环境的地质研究[J]. 地球科学, 1993, 18(2): 192 - 201.

Brief Review of the Study of Qinling Complex, Qinling Orogenic Belt

GUO Jinjing¹, LI Huai - kun², CHEN Zhi - hong²

(1. Department of Civil Engineering, Tianjin Institute of Urban Construction, Tianjing 300384;

2. Tianjin Institute of Geology and Mineral Resources, Tianjing 300170)

Abstract : Although the extensive and intensive study on Qinling Complex has been made, and new discoveries and progress, for example, disintegration of Songshugou Ophiolite slice and Xiahe Group from Qinling Group, identification of eclogite high pressure granulite and paleogranitoid pluton, has been made, there exist many problems which are still disputed and need further study because of the complexity of Qinling Complex itself. In this paper brief review on Qinling Complex study is made and it is suggested that the following problems should be intensively studied and answered. These problems include (1) whether the Songshugou ophiolite slice is really ophiolite? and whether Songshugou Ultrabasic Body (SUB) and metamorphosed basic rocks which circled the SUB have same age and tectonic - metamorphism history? (2) the composition, distribution, age of the Xiahe Group and relationship between the Xiahe Group and Qinling Group; (3) the composition, age of main metamorphism and deformation event and its tectonic setting; (4) the tectonic setting of development of the Jinningian granite belt and its geodynamic implication; (5) the reexamination of geological significance of the obtained isotopic age data; (6) the relation between high pressure metamorphic rocks and its host rocks in Qinling Complex and its age, tectonic implication. The detailed study on tectonic events, metamorphic events, magmatic events and their relations, in particular the precised dating of them would help us to understand the Qinling complex and Qinling orogenic belt.

Key words : Qinling Orogenic Belt, Qinling Complex, Songshugou Ophiolite, Xiahe Group, geological events, Isotopic dating