

北秦岭中、晚元古代地质演化特征 及其有关问题讨论*

周鼎武 刘良华 洪董云鹏

(西北大学地质系)

摘 要 北秦岭地区较广泛发育不同岩类组合、不同古构造环境的中、晚元古代地质体,并构成断续残留的古构造岩相带,它们是在晋宁期(1 000Ma±)碰撞造山过程中形成于华北古板块南部的古造山带的组成部分。研究表明,华北古板块南部曾经历中元古代早期板块裂解、向洋发展;中元古代晚期洋盆俯冲、消减;中元古代末—晚元古代初(晋宁期)碰撞造山的构造作用过程。鉴于秦岭造山带显生宙板块运动的分隔性,在未恢复显生宙板块运动的前提下,北秦岭和南秦岭在晋宁运动期间形成的结构、构造特征不能以现今状态作简单的时、空对比和分析。

关键词 北秦岭地区 古构造环境 古造山作用 晋宁运动

前寒武纪地质演化研究是探讨大陆壳早期形成、发展的重大基础课题,并已在世界范围的稳定克拉通地块研究中取得了显著进展^[1,2,3],但显生宙造山带内保留的前寒武纪地质记录的研究还比较薄弱。秦岭构造带是横贯中国大陆的典型显生宙大陆造山带,在中国大陆地质研究具有重要意义。本文选择秦岭造山带内的中、晚元古代地质体较发育的北秦岭地区为例,综合近年来的最新研究成果,对其地质演化作一探讨。

1 北秦岭地区中、晚元古代地质特征

秦岭造山带是显生宙经历复杂构造演化的复合型大陆造山带^[4],现今的基本构造格架主要由华北板块南缘构造带、北秦岭构造带和南秦岭构造带三个次级单元组成。本文所称的北秦岭地区系指商—丹缝合带之北,包括华北板块南缘构造带和习惯所称的北秦岭构造带在内的广大地区(图1)。

北秦岭地区的中、晚元古代地质体,多系裹挟入显生宙造山带经历多期复杂变质、变形改造的前震旦纪变质岩系。依据现今残留地质体的岩石组合和时、空分布特征,可划分为如下具不同岩石组合和不同古构造环境的构造岩相带。

本文1995年8月收到,11月改回。

* 国家自然科学基金资助“八五”秦岭重大项目49290100成果之一

第一作者简介:周鼎武,生于1948年12月,1975年毕业于西北大学地质系地质专业,现任西北大学地质系教授,从事构造地质学、前寒武纪地质学和区域地质学研究。通讯地址:西安市环城西路西段西北大学地质系;邮编:710069。

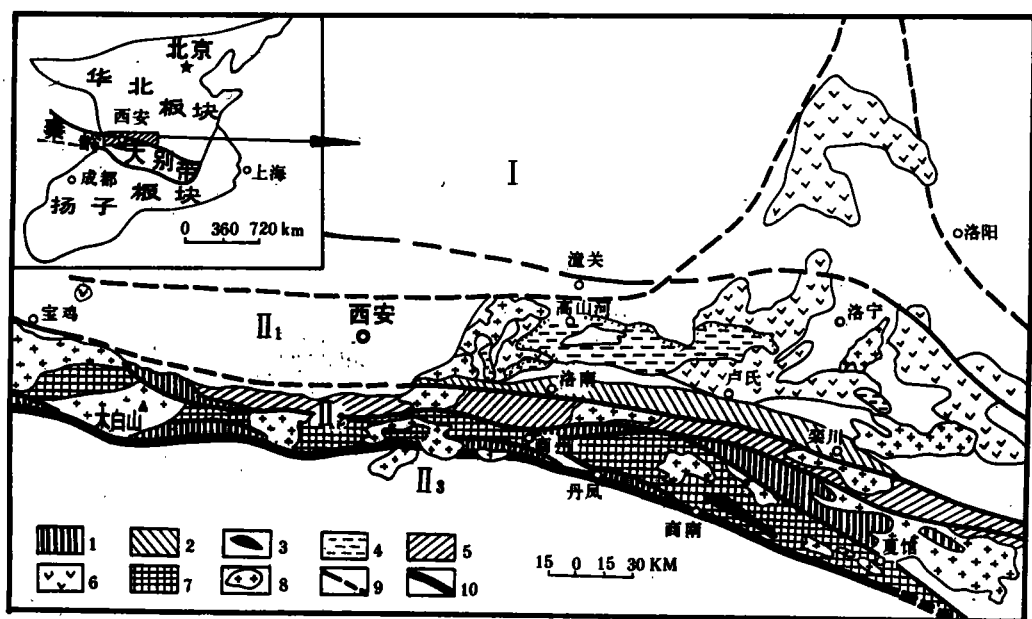


图1 北秦岭地区中、晚元古代地层出露略图

Fig. 1 Sketch map showing distributions of mid-late Proterozoic strata in north Qinling area

1. 华北板块; I. 秦岭造山带; I₁. 华南北缘构造带; I₂. 北秦岭构造带; I₃. 南秦岭构造带。

1. 上元古界一下古生界二郎坪群、丹凤群; 2. 上元古界一下古生界陶湾群、栾川群; 3. 中元古界松树沟蛇绿岩片; 4. 中元古界高山河群、洛南群(陕西)和官道口群、汝阳群(河南); 5. 中元古界宽坪群; 6. 中元古界熊耳群; 7. 下元古界秦岭岩群; 8. 花岗岩类; 9. 各类断层; 10. 商丹缝合带。

I—Huabei Plate; I—Qinling Orogenic Belt; I₁—Southern marginal tectonic belt of Huabei Plate,

I₂—Northern Qinling tectonic belt, I₃—Southern Qinling tectonic belt.

1. Upper Proterozoic-Lower Paleozoic Danfeng Group and Erlangping Group; 2. Upper Proterozoic-Lower Paleozoic Taowan Group; 3. Middle Proterozoic Songshugou ophiolite sheet; 4. Middle Proterozoic Gaoshanhe Group, Luonan Group (Shanxi) and Guandaokou Group, Ruyang Group (Henan); 5. Middle Proterozoic Kuanping Group; 6. Middle Proterozoic Xionger Group; 7. Lower Proterozoic Qingling Group; 8. granite; 9. faults; 10. Shangdan suture zone.

1.1 中元古代早期(1 800~1 400Ma)裂谷沉积-火山岩带

该带为华北板块南缘的熊耳群浅变质沉积-火山岩带,西起宝鸡千阳^[5],向东经小秦岭至河南确山,向北伸入山西垣曲,呈三支状分布^[3,5,6,7]。据 Rb-Sr、U-Pb 同位素年龄确定其形成时代在 1 800~1 400Ma 之间(孙大中等,1989;黄萱等,1990;白瑾等,1993)。对熊耳群的研究虽有大量岩石学、地球化学资料可供参考,但其形成古构造环境仍争议较大。笔者基于下述认识:① 区域空间分布呈三支状;② 无与其时、空配套的岛弧钙碱系列深成侵入岩浆岩或岩带发育;③ 地球化学研究必须结合区域背景综合分析,认为将其视为陆内三叉裂谷系^[3,5,6,7,8]中的沉积-火山岩组合更为合理,其北支具拗拉槽(aulacogen)性质,近东、西两支逐步合一并向洋转化^[5]。

1.2 中元古代晚期(1 400~1 000Ma)稳定陆缘沉积岩带

华北板块南部在熊耳群之上,是以平行不整合或角度不整合沉积的高山河群、洛南群(陕西)和官道口群、汝阳群(河南)及其相当地层组成的一套浅变质的沉积岩系。它们由巨厚的陆

源碎屑-碳酸盐岩组成,富含藻类和叠层石,构造变形弱,地层层序清晰。其形成时代,除所含藻类和叠层石可与华北区域相当地层对比外,上覆的石北沟组(大庄组)Rb-Sr 等时年龄为 $924 \pm 0.48\text{Ma}$ (李钦仲,1985),并已测得高山河组 Rb-Sr 全岩等时年龄为 $1\,394 \pm 0.42\text{Ma}$ (李钦仲,1985),汝阳群海绿石 K-Ar 年龄为 $1\,176 \pm 68\text{Ma}$ (北大尖组)和 $1\,149\text{Ma}$ (崔庄组,马国干等,1980),表明为 $1\,400 \sim 1\,000\text{Ma}$ 期间的沉积建造。该沉积岩带的岩石组合、原生构造和叠层石的发育特征均反映为滨-浅海环境,并呈向南加厚的楔形,显示其南为广阔海域,构成了发育于华北古陆块南缘连续的稳定性沉积岩带,突出显示该时期华北区是具相当规模的稳定古陆块,该沉积岩带应为被动陆缘沉积体系。

1.3 中元古代($1\,800 \sim 1\,000\text{Ma}$)裂谷-洋盆环境的沉积-火山岩带

主要由宽坪岩群组成,发育于北秦岭构造带北侧,成东西向狭长带状延伸,长达千余公里,由强烈变形、变质达高绿片岩相-低角闪岩相的变质岩系组成;原岩主要为基性火山岩、碎屑岩和碳酸盐岩,局部可见透闪石化橄榄岩。这些不同岩类组合均为构造接触,构造岩块、岩片叠置的复杂构造组合体^[9]。据不同方法测年数据统计分析,其形成时代在 $1\,800 \sim 1\,000\text{Ma}$ 期间^[10],并经历晋宁期($1\,000\text{Ma} \pm$)变形变质改造^[9]。宽坪岩群中,变碎屑岩的 Th/Co、Sc/Ti 和 La/Co 图解及其它地球化学特征显示,部分碎屑岩具有分别来自南侧的秦岭岩群和北侧的太华岩群的双源性^[11]。而其中的基性火山岩从下部具大陆拉斑玄武岩的显著地球化学特点向上渐变为类似洋脊玄武岩特征,部分基性火山岩 REE 为平坦-亏损型图式, Ta 丰度较低($0.4 \sim 0.49 \mu\text{g/g}$), Th/Ta 比值低($0.4 \sim 1.7$), $\epsilon_{\text{Nd}}(t) = +4.0 \sim 6.6$ ($t = 1\,142 \pm 18 \sim 986 \pm 169$, Sm-Nd), 被确定为小洋盆蛇绿岩的组成部分^[12]。显然,宽坪岩群应是 $1\,000\text{Ma}$ 以前形成,经历了由初始裂谷向洋盆发展,并在 $1\,000\text{Ma} \pm$ 洋盆闭合过程中,不同时期,不同环境残余岩片以构造关系叠置一起的构造组合体。因此推测宽坪岩群北部大致同时期的熊耳期裂谷火山岩和稳定性陆缘沉积岩带,应是该裂谷-洋盆形成期间的同时异相建造。

1.4 中元古代晚期—晚元古代初期不同性质的增生火山杂岩带

北秦岭南部,已从原秦岭群中分解出中元古代的松树沟蛇绿岩片^[13,14]。该蛇绿岩片主要由超镁铁质岩和镁铁质岩以构造关系叠置组成,具强烈变形变质特征,变质达角闪岩相,是无根的异地外来体。超镁铁质岩以地幔残余成因的变质纯橄榄岩和方辉橄榄岩为主,是强亏损的地幔岩。镁铁质岩可分为三类,第一类具 LREE 亏损, $\text{Ce/Yb} < 4$, $\text{La/Nb} \approx 1$, $\text{Th/Ta} \approx 1$, $\text{Zr/Nb} > 13$, $\text{Zr/Y} < 3$, $\text{Hf/Th} > 5$, $\text{La/Ta} = 15$, Nb 含量较低,与 N-MORB 相似;第二类 LREE 略富集, $\text{Ce/Yb} = 4 \sim 8$, $\text{Nb} = 4 \sim 20$, $\text{Th/Ta} = 0.5 \sim 3.2$, $\text{Hf/Th} = 1 \sim 6$, $\text{Zr/Y} = 2 \sim 5$, $\text{Ta/Yb} > 0.12$, 与 E-MORB 相似;第三类 LREE 富集, $\text{Ce/Yb} \approx 14$, 富不相容元素(Ti、Zr、Ta、Nb), $\text{Nb/La} \approx 1$, 指示源于富集地幔。按野外取样概率,本区火山岩应以第二类为主,一、三类次之,它们共同组成了产于扩张脊的玄武岩。对上述镁铁质岩中五件样品的 Sm、Nd 同位素分析表明^[1,5],所有样品均来自亏损地幔源区,在 $\epsilon_{\text{Nd}}-T$ 图上,松树沟蛇绿岩的火山岩 Nd 同位素组成类似岛湾蛇绿岩(Jacobsen S. B. et al, 1979),落在大洋型蛇绿岩演化区域,而与因地壳混染明显偏离大洋蛇绿岩演化区的特罗多斯蛇绿岩(Mcculloch M. T et al, 1983)和伏川蛇绿岩(沈渭洲等,1992)不同,后者均被认为与岛弧构造背景有关。笔者据上述认为,松树沟镁铁质、超镁铁质岩共同组成了产于非正常洋脊的洋壳残片。根据国内外造山带蛇绿岩研究目前取得的共识,造山带中的蛇绿岩不仅主要表现为构造就位的残片,而且几乎不保存“正常”的洋

壳^[16],结合松树沟蛇绿岩的非典型性推测,它并不代表正常大洋岩石圈碎片,而可能是秦岭中元古代末期洋盆内的非正常小洋盆增生于造山带的残留岩片。现已测得该蛇绿岩中变基性火山岩的 Sm-Nd 等时年龄为 $1\ 030 \pm 46\text{Ma}$, $\epsilon_{\text{Nd}} = +5.7$,同时获得一组 $1\ 422 \sim 1\ 271\text{Ma}$ 的模式年龄,结合李曙光等(1989)在本区所测的变基性火山岩 Sm-Nd 矿物(石榴石、角闪石)等时年龄为 $983 \pm 140\text{Ma}$ 的变质年龄,以及区域构造解析分析,该蛇绿岩片是 $1\ 000\text{Ma} \pm$ 构造运动过程中增生的外来岩片。

另据张旗等(1994)^[17]对北秦岭南侧丹凤群的进一步研究,在商州三十里铺、丹凤郭家沟等地区的变玄武岩中已分别测得 $1\ 000 \sim 900\text{Ma}$ 的 Sm-Nd 等时年龄,并认为其中的变玄武岩岩石组合复杂,既有产于洋内弧环境的玄武岩,也有特征的 MORB 型玄武岩,并经历了 $1\ 000 \sim 900\text{Ma}$ 期间变质改造,据此分析,商—丹断裂带北侧断续长距离近东西向分布的丹凤群火山杂岩带,除其主体为晚元古—早古生代的不同火山杂岩、蛇绿混杂岩外,其中残留有中元古代末—晚元古代初的消减增生火山杂岩,它们间应为构造叠置关系。由后者与松树沟蛇绿岩片共存的事实,有理由推测北秦岭以南应发育过消失了的元古代洋盆。

1.5 中元古代末期的碰撞型岩浆杂岩

秦岭岩群是北秦岭构造带的主要变质地质体,它形成于早元古代。已在陕西户县涝峪和河南西坪北部地区的秦岭岩群中相继发现了沙坪片麻状花岗岩(Sm-Nd 等时年龄为 $1\ 088 \pm 41\text{Ma}$; Rb-Sr 等时年龄为 $883 \pm 114\text{Ma}$, 杨崇辉, 1993)和德河似斑状黑云母二长花岗岩(Sm-Nd 等时年龄为 $1\ 156\text{Ma}$, 张宗清, 1995; Rb-Sr 等时年龄为 $793.9 \pm 32\text{Ma}$, 游振东等, 1991),它们均具碰撞型花岗岩特征。其中德河岩体属铝过饱和型,以高硅、富钾为特征,轻稀土富集,具明显的 Eu 异常,稀土元素配分型式呈右倾“V”形曲线; Sr 同位素初始比值($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$)_i 大于 $0.708(0.7720 \pm 0.003)$,为地壳重溶型岩浆花岗岩^[18]。它们的发现不仅表明中元古代末—晚元古代初北秦岭可能经历过板块碰撞作用,而且提供的重要信息是北秦岭目前虽未见报道有中元古代晚期俯冲的岩浆杂岩,但随研究工作的深入必将有新的发现。

北秦岭地区的上述构造岩相带的出露表明,尽管该区遭受显生宙构造作用的强烈改造,中、晚元古代地质体呈残缺不全的不连续带状分析,但据此仍可恢复本区可能经历了中元古代早期华北古陆块南部裂解、向洋发展,中晚期已转化为活动大陆边缘、而后碰撞造山的构造作用过程。

2 北秦岭中、晚元古代的构造事件

北秦岭中、晚元古代的构造事件,可由不同构造单元的不同地质特征综合反映出来,表现为:

1. 华北板块南缘构造带为弱变形变质地区,具史密斯地层类型发育特征,地层层序接触关系清晰。本区熊耳群变沉积-火山岩是发育于晚太古代—早元古代结晶基底之上的裂谷沉积建造,高山河群、洛南群、官道口群和汝阳群则是超覆于熊耳群和结晶基底之上的稳定陆缘沉积体系;它们之间的角度不整合或平行不整合关系,很可能代表裂谷阶段的断陷快速堆积向热沉降阶段的缓慢沉积转化过程产生的“后裂谷不整合”^[19],为被动大陆边缘的典型结构构造。中元古代的高山河群、洛南群、官道口群、汝阳群等与上覆的晚元古代石北沟组或大庄组(陕西)、黄连垛组(豫西)呈角度不整合或平行不整合接触^[20],时限为 $1\ 000\text{Ma} \pm$,与北秦岭同时期的区域构造热事件相吻合,应视为构造事件界面。

Ⅱ. 北秦岭构造带为强变形、变质的复杂变质地区,具非史密斯地层类型特征。其中主要的前震旦纪变质地质体均具有经受多期不同深度层次变形、变质作用叠加改造的复杂历史,不同研究者对不同区段地质体的研究已取得的一致认识是,中元古代末—晚元古代初期本区曾经历过晋宁期重大构造事件的改造。

(1) 中元古代末—晚元古代初期(晋宁期)的变形、变质作用 据不同学者对下元古界秦岭岩群^[18,22,23,24],中元古界宽坪岩群^[9,24]的研究表明,它们虽然受加里东—海西期强烈构造变形叠加改造或再造,但仍可分解出晋宁期构造变形形迹,表现为以紧闭的片内无根褶皱和不同类型的韧性剪切带为组合特征;发育区域性的透入性面状构造,但现今是经后期变形改造而变位的残留构造,区域构造位态尚难恢复。伴随该期变形,产生相应的区域变质作用。北部的宽坪岩群变质达绿片岩相—低角闪岩相;中部的秦岭岩群具角闪岩相—高角闪岩相变质,并发育深成花岗岩的侵位和混合岩化作用;南侧的松树沟蛇绿岩片和丹凤岩群残留的地质体则具低角闪岩相—角闪岩相的变质作用。依据对北秦岭构造带变质作用的岩浆作用同位素年龄数据统计分析,1 000Ma±的一组年龄数据极为突出(图2),应为该期构造热事件年龄。

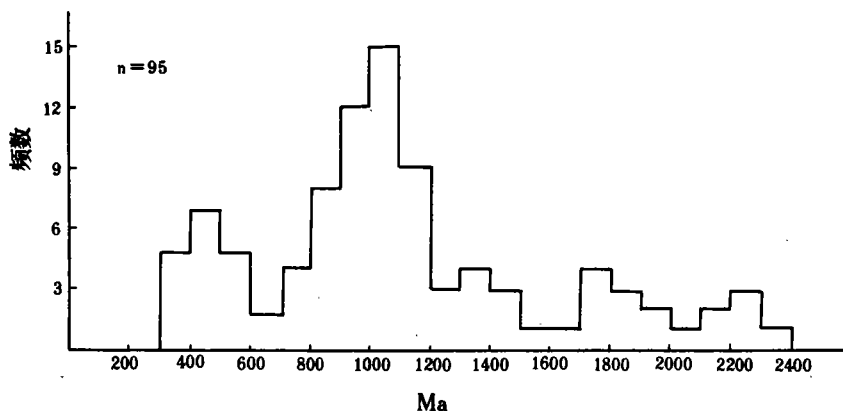


图2 北秦岭造山带变质作用和岩浆作用的同位素年龄直方图

(据杨荣勇等^[10],1993)

Fig. 2 Frequency histograms of isotope age of metamorphism and magmatism in the north Qinling orogenic belt

(2) 松树沟蛇绿岩片的变形、变质作用 区域地质研究和松树沟蛇绿岩片的大比例尺地质填图及构造解析表明,松树沟蛇绿岩片早期曾经历了固态塑性流变,产生透入性片理、片麻理及片内无根褶皱和由长英质糜棱岩、基性糜棱岩组成的韧性剪切带。伴随该期变形除整体产生角闪岩相的变质作用外,目前已在该岩片南侧的西沟韧性剪切带中,分别发现了高压变质基性麻粒岩^[25]和高压变质的长英质麻粒岩(主要为变沉积岩)^[26]。不同岩类高压麻粒岩的岩相学、矿物化学和温、压条件的研究表明,它们遭受过最初可能具高压榴辉岩相或超高压变质(石榴石和蓝晶石斑晶中可能残留柯石英假象),而后退变为高压麻粒岩相、角闪岩相的变质作用过程,并组成具有顺时针降压的ITD型 P - T - t 演化轨迹,推测本区表壳岩系曾随洋壳消减、增生并经历高压变质作用,而后再抬升剥蚀的构造作用过程。983±140Ma的Sm-Nd矿物等时

年龄可为其定时,与区域 1 000Ma 左右的构造热事件相吻合。值得重视的是,松树沟地区的长英质高压麻粒岩相变质在区域不同区段的秦岭岩群中已见有残余迹象,如豫西秦岭岩群的片麻岩中有早期高压变质矿物组合蓝晶石+钾长石的残存等。

综合上述推测,秦岭岩群南侧很可能是晋宁期(1000Ma 左右)造山作用的碰撞带,但现仅存残迹。

3 区域同位素地质信息

不同岩类的 Nd 同位素模式年龄已用于确定地壳的形成、增生时期和壳幔分异的时期,并成为确定区域地壳运动时期的重要参考。据张宏飞等^[27]研究,华北板块南缘各类岩石的 Nd 同位素模式年龄提供了本区地壳形成的三个主要形成时期分别为 2 650Ma、2 100Ma 和 1 400Ma,而北秦岭地壳的三个主要形成时期则分别为 2 050Ma、1 400Ma 和 1 050Ma。二者对照分析,它们的共性和差异性及与区域地质的吻合性非常规律,表现在 2 650Ma 时期为华北地块南缘独自具有的地壳形成时期,它与本区及华北板块范围晚太古代克拉通陆核的形成时期一致,并与朱炳泉(1994)^[28]应用同位素地球化学填图得出的“华北陆块主体大于 2 500Ma”的结论相吻合;华北板块南缘和北秦岭构造带共同具有 2 100~2 050Ma 和 1 400Ma 两个时期,前者可能对应于早元古代初克拉通裂解至早元古代末(吕梁期)华北克拉通固结及其南缘的增生,后者除华北古板块南缘熊耳期裂解火山作用有明显显示外,北秦岭虽因后期构造的强烈叠加改造,但仍可从宽坪岩群由裂谷向洋盆演化的特征,以及松树沟蛇绿岩片的存在提供可能的地质信息,有理由将其视为秦岭中元古代洋盆形成的鼎盛时期。至于北秦岭构造带独自具有的 1 050Ma 的地壳形成时期,则可能反映中元古代末、晚元古代初华北古板块南缘活动大陆边缘及晋宁期碰撞造山作用的大陆增生的物质组建过程。

显然,区域同位素地质特征提供了与区域构造演化相吻合的地质信息,这决非偶然的巧合,应视为地质实际的客观反映。

4 北秦岭中、晚元古代地质演化及其有关问题讨论

4.1 北秦岭中、晚元古代地质演化过程

综合上述分析,可恢复北秦岭中、晚元古代如下地质演化过程。早元古代末(1 900Ma 左右)经历吕梁运动,华北克拉通古陆核横向增生和垂向增厚已形成具相当规模的稳定大陆块,可称为华北古板块。中元古代早期(1 800Ma 左右)华北古板块裂解,熊耳古裂谷形成、发展(1 800~1 400Ma)并向被动陆缘转化(1 400~1 000Ma),同时期宽坪裂谷产生并扩展进而向洋盆发展(图 3A、B)。此期间,以秦岭岩群为代表的古地块,应是古秦岭洋内的微板块。推测 1 400Ma 左右是古秦岭洋发育的鼎盛时期(图 3B)。

中元古代晚期,古秦岭洋盆开始俯冲,推动洋内微板块会聚并构成断续岛链,中元古代末一晚元古代初期洋盆闭合并发生陆-陆碰撞造山作用(图 3C)。松树沟蛇绿岩片的增生和秦岭岩群中的碰撞型花岗岩及残留的高压(超高压?)变质岩就是该期造山作用残余的记录。

4.2 古构造体制及构造格局

依据华北古板块的特点及秦岭中、晚元古代的上述构造演化综合分析,区域中、晚元古宙已具类似现代体制的板块构造特征,晋宁期(1 000Ma 左右)本区曾经历洋盆俯冲、陆-陆碰撞的造山作用过程。由于显生宙造山作用的叠加改造,北秦岭地区晋宁期的构造格局尚待恢复,但

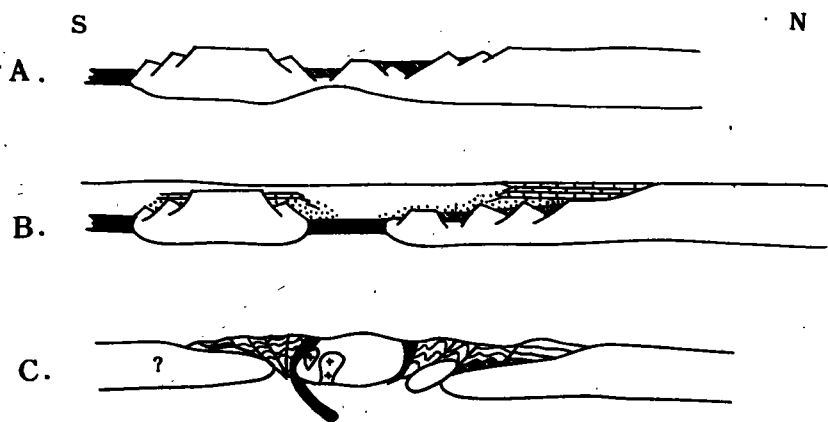


图3 北秦岭中、晚元古代地质演化示意图

(说明见正文)

Fig. 3 Schematic map of mid-late Proterozoic geological evolution of north Qinling

由现今残留岩相带的展布规律推测(图1),晋宁期造山带很可能具有近东西向分布的特征。

4.3 有关问题讨论

上述对北秦岭地区晋宁期造山作用的认识引出的值得讨论的问题是如何认识它与南秦岭晋宁运动的关系?秦岭带内的晋宁期造山作用是不是华北古板块与扬子古板块碰撞造山所致?对此因涉及扬子地区是否存在晋宁期古板块,南秦岭晋宁运动的时限、性质等诸多有争议的区域基础地质问题,这里因篇幅所限,不便作直接回答,但从显生宙板块运动过程对前震旦纪基底岩系的控制关系角度提出,要讨论显生宙造山带中的前震旦纪地质演化,必须剔除显生宙秦岭造山带造山作用的板块运动过程对元古宙地质体的限制,方能客观讨论之。因此,据目前大多数学者对秦岭显生宙造山作用的认识,将其视为秦岭洋俯冲、消减,华北和扬子板块分别经历离散板块的旋转、会聚而后斜向碰撞造山,并发生大规模走滑平移的复杂过程,则以显生宙商—丹缝合带为分隔边界,其两侧的前震旦纪古构造环境和古造山带的构造格局,均不能按现今的时、空关系作简单对比恢复。基于这种认识,笔者认为:①以商—丹缝合带为分隔边界,现今秦岭造山带中的前震旦纪地质体,不存在按同一洋盆的相关性作简单对比的地质基础;②即使北秦岭和南秦岭的晋宁运动具大致同时性和相关性,但也未必是仅限于华北古板块和扬子古板块(?)间的构造运动,或许是大区域构造作用而后受显生宙板块运动的拼凑所致。对此,应该说本文提出了一个有意义的、值得深入探讨的问题。

参 考 文 献

- 1 Brian F. Windley. 进化中的大陆. 赵锡文等译. 武汉:中国地质大学出版社,1989.
- 2 A. Kroner. 前寒武纪板块构造. 袁延佐,张治平译. 北京:地质出版社,1987.
- 3 白瑾,黄学光,戴凤严,吴昌华. 中国前寒武纪地质演化. 北京:地质出版社,1993.
- 4 张国伟,周鼎武,于在平,郭安林,程顺有,李桃红,张成立,薛峰. 秦岭造山带岩石圈组成、结构和构造演化特征. 见《秦岭造山带学术讨论会论文选集》,西安:西北大学出版社,1991:121—138.

- 5 周鼎武,赵重远,李银德,翦万筹,叶俭,陈刚. 鄂尔多斯盆地西南缘地质特征及其与秦岭造山带的关系. 北京:地质出版社,1994.
- 6 孙枢,丛柏林. 豫陕中一晚元古代沉积盆地. 地质科学,1981,(4):314—322.
- 7 张国伟,周鼎武,郭安林. 晋、豫、陕交界地区元古宙形成的构造环境,见《秦岭造山带的形成及其演化》,西安:西北大学出版社,1988:17—28.
- 8 夏林圻,夏祖春等. 祁连、秦岭山系海相火山岩. 武汉:中国地质大学出版社,1991.
- 9 张寿广,万渝生,刘国惠,丛日祥,赵子然. 北秦岭宽坪群变质地质. 北京:北京科学技术出版社,1991.
- 10 杨荣勇,任启江,胡受奚. 秦岭地区宽坪群的时代及其意义. 地层学杂志,1993,17(4):272—276.
- 11 高山,张本仁. 秦岭造山带元古宙陆内裂谷作用的沉积地球化学证据. 科学通报,1990,36(19):1494—1496.
- 12 张宗清,张旗. 北秦岭晚元古代宽坪蛇绿岩中变基性火山岩的地球化学特征. 岩石学报,1995 增刊:165—177.
- 13 周鼎武,张国伟. “秦岭群”的再解体和秦岭造山带中的晋宁运动. 见《秦岭造山带学术讨论会论文集》,西安:西北大学出版社,1991:15—25.
- 14 周鼎武,张泽军,董云鹏,刘良. 东秦岭商南松树沟元古宙蛇绿岩片的地质、地球化学特征. 岩石学报,1995 增刊:154—164.
- 15 张泽军,周鼎武,董云鹏. 秦岭造山带松树沟元古宙蛇绿岩及其大地构造背景. 大地构造与成矿学,1995,19(2):121—132.
- 16 张旗. 蛇绿岩研究的进展. 地学前缘(中国地质大学),1994,1(1—2):98—103.
- 17 张旗,张宗清,孙勇,韩松. 陕西商县—丹凤群变玄武岩的微量元素和同位素地球化学. 岩石学报,1995,11(1):43—54.
- 18 游振东,索书田,韩郁青,钟增球,陈能松. 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,1991.
- 19 Bott, M. H. P.. Passive margins and their subsidence. Journal of the Geological Society. London, 1992, 149:865—812.
- 20 李仲钦,杨应章,贾金昌. 华北地台南缘(陕西部分)晚前寒武纪地层研究. 西安:西安交通大学出版社,1985.
- 21 关保德,耿午辰,戊治权,杜慧英. 河南东秦岭北坡中-上元古界. 郑州:河南科学技术出版社,1988.
- 22 安三元,胡能高主编. 北秦岭裂陷的形成与变质作用. 西安:西北大学出版社,1992.
- 23 周鼎武,郭安林,胡西顺,张国伟. 陕西商县—丹凤地区“秦岭群”多期构造解析. 见《秦岭造山带的形成及其演化》,西安:西北大学出版社,1988:116—125.
- 24 肖思云,张维吉,宋子季. 北秦岭变质地层. 西安:西安交通大学出版社,1988.
- 25 刘良,周鼎武,董云鹏,张宏法,刘养杰,张泽军. 东秦岭松树沟高压基性岩石及其退变质作用的 P-T-t 演化轨迹. 岩石学报,1995,11(2):127—136.
- 26 Liu Liang., Zhou Dingwu., Wang Yan. et al.. Relict High-Pressure Quartz-Feldspathic Granulite. Discovered in QinLing Complex of East QinLing. Chinese Academy of Sciences, 1995, Vol. 40 Supplement 91—93.
- 27 张宏飞,赵志丹,骆庭川,张本仁. 从岩石 Sm-Nd 同位素模式年龄论北秦岭地壳增生和地壳深部性质. 岩石学报,1995,11(2):160—170.
- 28 朱炳泉. 中国大陆岩石圈同位素地球化学填图研究进展. 见《中国矿物学岩石学地球化学研究新进展(二)》,兰州:兰州大学出版社,1994:326—327.

THE MIDDLE AND LATE PROTEROZOIC GEOLOGICAL EVOLUTION OF NORTH QINLING WITH DISCUSSION ON SOME RELATED PROBLEMS

Zhou Dingwu, Liu Liang, Hua Hong, Dong Yunpeng

(*Department of Geology, Northwest University, Xi'an, 710069*)

Abstract: Lies across the central section of mainland China, the Qinling Orogenic Belt is a Phanerozoic continental orogenic belt, with the Shangdan belt as its suture zone, and to its north is generally called North Qinling. The study of geological evolutionary features of the well developed Middle and Late Proterozoic geological bodies in this district is of great significance to the investigation of early crustal formation and evolution of China continent.

The Middle and Late Proterozoic geological bodies in North Qinling are chiefly of pre-Sinian metamorphic rock series which had experienced polyphase reconstruction of complicated deformation and metamorphism, and can be divided into several diverse rock associations as follows from north to south based on the present rock associations as well as their distribution in time and space.

1. Early Middle Proterozoic (1800—1400Ma) sedimentary-volcanic rock belt of rift, with the Xiong'er Group as an example;

2. Sedimentary belt of stable continental margin in the late stage of Middle Proterozoic (1400—1000Ma), represented by a set of terrigenous clastics and carbonate of Gaoshanhe Group and Luonan Group in Shaanxi Province, Guandaokou Group and Ruyang Groups in Henan Province, which overlain upon the Xiong'er Group;

3. Middle Proterozoic (1800—1000Ma) sedimentary-volcanic belt of rift-oceanic basin environment, exemplified by the Kuanping group;

4. Late stage of Middle Proterozoic to initial stage of Late Proterozoic accreted volcanic complex belt of various attributes, constituted by Songshugou ophiolite sheet and parts of the sedimentary volcanic rocks of Danfeng Group.

The existence of tectonic facies in good time and space sequences indicated that, after the construction of North China palaeocontinental block through lateral accretion and vertical overgrowth of North China cratonic nucleus at the end of Early Proterozoic, its southern part splitted and developed into an ocean in the early Middle Proterozoic (1800Ma), with its flourish developing stage of oceanic basin to be $1400 \pm \text{Ma}$, and it is only to the late Middle Proterozoic did the oceanic basin started to underthrust and subduct.

A comprehensive study of the deformation, metamorphism, magmatism and isotopic age data of the Middle and Late Proterozoic geological bodies suggests that this district had undergone an important orogenic event in $1000\text{Ma} \pm$. The fact that Songshugou ophiolite

sheet was exotic block tectonically emplaced in $983 \pm 140\text{Ma}$ (Sm-Nd Isochron age), accompanied with high (superhigh?) pressure metamorphism constituting a PTt evolutionary locus of clockwise relief of pressure of ITD type by means of its structural analysis, in addition to the occurrence of collision granite of $1000\text{Ma} \pm$ in this area, suggests that North Qinling had experienced an orogenic process of oceanic closure and continental collision in $1000\text{Ma} \pm$.

As a whole, in the Middle and Late Proterozoic, the North Qinling was a palaeo-accretion belt similar to modern plate tectonics, which includes splitting from the southern part of North China palaeo-continent, gradually evolved to an ocean, and finally subducted.

Key words: North Qinling area, paleo-tectonic setting, paleoorogeny, Jinning movement.