

# 南秦岭前寒武纪岩浆构造事件与地壳生长

董云鹏, 赵霞

(西北大学地质学系/大陆动力学教育部重点实验室, 陕西西安 710069)

**摘要:**前寒武纪构造体制与地球动力学机制是当前南秦岭构造带研究的薄弱环节, 利用南秦岭广泛分布的前寒武纪岩石地层、岩浆-构造事件, 尤其是记录前寒武纪地壳生长、演化及其地幔动力学机制的岩浆构造事件, 对南秦岭前寒武纪地质体、岩浆活动、构造事件的组成、特征与年代学进行了综合研究。结果表明:南秦岭太古代类似于华北太古代地幔的特征;元古代地幔则发生了先亏损后富集的演化;其中, 8~9 亿年南秦岭发生了急剧的地壳生长事件, 并以垂向加积增生为主要机制。

**关键词:**地壳生长;岩浆活动;构造事件;同位素年代学;南秦岭

**中图分类号:**P542.2 **文献标识码:**A **文章编号:**1000-274X(2002)02-0172-05

秦岭造山带作为中国南北大陆拼接的构造带, 长期受到地学界的广泛重视与研究, 通过地质、地球化学、地球物理综合研究, 在许多方面达成了共识<sup>[1~3]</sup>。但是, 由于多期复杂构造变形的叠加与改造, 使得前寒武纪构造演化过程与体制仍然存在许多争议, 其中前寒武纪地壳生长的机制与时限问题是制约秦岭前寒武纪构造研究的关键。

南秦岭是华南大陆的北缘构造带, 其基底主要是由中新元古代浅变质火山岩及其焊接的零星晚太古代-早元古代变质岩块组成的过渡性基底, 明显不同于北秦岭及华北陆块的结晶基底。南秦岭中新元古代广泛发育各种岩浆活动, 是南秦岭前寒武系的主体组成岩石, 构成了南秦岭浅变质过渡性基底。这些岩浆活动的特征与性质, 是研究南秦岭前寒武纪构造、Rodinia 拼接与裂解、地幔动力学以及地壳生长的有效途径。

## 1 南秦岭太古代古陆块地质、地球化学与年代学

南秦岭及其南侧扬子内部现已确证的太古代古陆块主要有陕西略阳的鱼洞子岩群、桐柏-大别岩群和黄陵背斜出露的崆岭杂岩, 均主要由下部 TTG 长英质片麻岩为主的深成岩系和上部混合云斜片麻

岩、斜长角闪岩、大理岩、石英岩等变质火山-沉积岩系构成的表壳岩系组成, 类似于华北陆块南缘的太华岩群、登封岩群、降县岩群和涑水岩群<sup>[4]</sup>。鱼洞子岩群片麻岩全岩 Sm-Nd 等时年龄为  $2\ 688 \pm 84\ \text{Ma}$ ,  $\epsilon_{\text{Nd}}(t) = -0.5 \pm 1.1$ <sup>[5]</sup>, 斜长角闪岩锆石 U-Pb 年龄为  $2\ 657 \pm 9\ \text{Ma}$ <sup>[6]</sup>。桐柏-大别岩群斜长角闪岩全岩 Sm-Nd 等时年龄为  $2\ 650 \pm 100\ \text{Ma}$ <sup>[7]</sup>和  $2\ 512 \pm 68\ \text{Ma}$ <sup>[8]</sup>, 锆石 U-Pb 年龄为  $2\ 820\ \text{Ma}$ 。崆岭杂岩分别获得:斜长角闪岩全岩 Sm-Nd 等时年龄  $3\ 290 \pm 170\ \text{Ma}$ ,  $\epsilon_{\text{Nd}}(t) = +2.7$ <sup>[9]</sup>和  $2\ 740 \pm 83\ \text{Ma}$ ,  $\epsilon_{\text{Nd}}(t) = +0.85$ <sup>[10]</sup>, 锆石 U-Pb 年龄  $2\ 427 \pm 42\ \text{Ma}$ <sup>[9]</sup>; TTG 片麻岩全岩 Sm-Nd 等时年龄  $2\ 728 \pm 118\ \text{Ma}$ ,  $\epsilon_{\text{Nd}}(t) = -4.3$ <sup>[11]</sup>, 锆石 U-Pb 年龄  $2\ 891 \sim 2\ 617\ \text{Ma}$ <sup>[11~14]</sup>, 孔兹岩锆石 U-Pb 年龄  $2\ 432 \sim 2\ 172\ \text{Ma}$ <sup>[11~15]</sup>。同位素年代显示, 三岩群主体均形成于晚太古代, 崆岭岩群上部表壳岩系形成于早元古代。

鱼洞子岩群具有低放射性成因、Pb 同位素组成, 而区别于扬子区后太古代岩石, 但其变玄武岩却具有与华北、扬子同时代岩群相似的弱亏损或未亏损的 Nd 同位素特征。桐柏-大别岩群和崆岭杂岩均以相对低的 Pb 同位素比值和初始  $\epsilon_{\text{Nd}}$  值为特点, 两者的变化范围分别与华北南缘晚太古代岩群一致, 反映现今扬子与华北主要晚太古代古陆块地幔源区的同位素组成相近。然而, 崆岭群和太华群变玄武

收稿日期:2001-01-17

基金项目:国家自然科学基金资助项目(40003003 和 49732080)

作者简介:董云鹏(1967-), 男, 陕西渭南人, 西北大学副教授, 从事造山带构造与地球动力学研究。

岩、TTG 片麻岩及表壳岩系的主、微量元素地球化学却具有明显的差异性<sup>[16,17]</sup>。这种同位素组成的相似性和元素地球化学差异性,显示扬子区的晚太古代古陆块与华北古陆是在相似或相同的地幔源区基础上演化而成的微陆块群,即扬子各陆块与华北陆块在太古代可能是相近或相关的陆块。

## 2 南秦岭元古代主要岩浆、构造事件

南秦岭早元古代岩块主要有陕西佛坪地区的佛坪杂岩、汉中碑坝的火地垭群以及豫西的陡岭杂岩。中晚元古代岩石地层主要由陕西勉略的碧口岩群和刘家坪群、汉中碑坝的铁船山群、陕西高川的西乡群和三花石群、鄂西的郧西群和武当群、耀岭河岩群、随枣地区的随县群等变火山-沉积岩系组成。另外,在武当和随县地区大规模发育基性岩墙群。

佛坪杂岩主要为 TTG 残片和少量变碎屑岩构成的片麻岩系。角闪黑云斜长片麻岩、角闪斜长片麻岩和黑云斜长片麻岩锆石 U-Pb 年龄分别为 1 853 ± 114 Ma, 1 879 Ma 和 2 284 ± 36 Ma<sup>[18]</sup>, 显示佛坪杂岩主体形成于早元古代。考虑到片麻岩中尚有 2 506 ± 24 Ma 的锆石 U-Pb 年龄信息<sup>[19]</sup>, 不排除佛坪杂岩中残存有晚太古代物质。地质、地球化学研究显示, 其主体是早元古代侵入体经长期复杂变质、变形演化而形成的具有变质核杂岩性质的基底岩块。

火地垭群主要由绿片岩-角闪岩相变质的碳酸盐岩、硅质泥岩、泥岩和具有典型双模式火山岩系特征的大陆拉斑玄武岩-碱质酸性火山岩组成。基性火山岩以相对高 TiO<sub>2</sub>, MgO, Na<sub>2</sub>O, K<sub>2</sub>O, Cr, Ni, Ba, REE 和 低 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Sr 区别于岛弧火山岩, 以相对低 MgO, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Cr, Co, Ni, Yb 和高 Na<sub>2</sub>O, K<sub>2</sub>O, Sr, Ba 以及 LREE 富集区别于洋脊玄武岩, 总体类似于大陆裂谷型拉斑玄武岩<sup>[7]</sup>。变火山岩全岩 Sm-Nd 等时年龄为 2 436 ± 54 Ma, ε<sub>Nd</sub>(t) = +4.5<sup>[3]</sup>。显然, 火地垭群形成于早元古代初的大陆裂谷环境。

陡岭杂岩呈长透镜状近东西向展布于商丹带南侧, 主要由片麻岩、斜长角闪岩和大理岩组成。原岩分别为角闪岩相变质的沉积碎屑岩夹基性火山岩、基性深成侵入体和碳酸盐岩。元素地球化学显示: 片麻岩为泥质-砂质沉积岩, 并以富集大离子亲石元素(LILE)和高场强元素(HFSE)为特征; 斜长角闪岩分别以夹层状或透镜状产于变质碎屑岩中, 总体以富集 LILE 和 HFSE 分异为特征<sup>[20]</sup>, 类似于板内玄武岩及相关基性侵入体; 片麻岩锆石 Pb-Pb 年龄为

1 657 ± 22 Ma, 全岩 Sm-Nd 等时年龄为 1 878 ± 256 Ma, ε<sub>Nd</sub>(t) = +2.8, 模式年龄平均为 2 123 ± 16 Ma; 斜长角闪岩 Sm-Nd 模式年龄为 20.8 ~ 22.5 亿年<sup>[21]</sup>。虽然, 陡岭杂岩的岩石组合、变质作用及岩石地球化学与北秦岭的秦岭杂岩类似<sup>[22]</sup>, 但斜长角闪岩与秦岭岩群斜长角闪岩相比却具有明显低 Pb 同位素比值<sup>[4]</sup>和初始 ε<sub>Nd</sub>(t) 值, 反映两者可能为相对独立的陆块。

碧口岩群主体为低绿片岩相变质的火山-沉积岩系。火山岩主要由基性火山岩和少量酸性火山岩组成双模式岩套。基性火山岩以富集 Rb, Ba, Th, Zr 和轻微亏损 Nb, Ta 为特征<sup>[24]</sup>, 既有 LREE 富集型又有 LREE 亏损型的稀土配分型式, 同时具有扬子型的高 Pb 同位素比值<sup>[17]</sup>。南部变质火山岩全岩 Sm-Nd 等时年龄 1 611 ± 118 Ma, ε<sub>Nd</sub>(t) = +4.0, 模式年龄 18.4 亿年, 北部变质火山岩 Sm-Nd 模式年龄 22 亿年<sup>[2]</sup>, 变凝灰岩锆石 U-Pb 年龄 1 304 和 1 367 Ma, 绿片岩全岩 Rb-Sr 等时年龄 829 ~ 1 230 Ma<sup>[25]</sup>。上述证据指示, 碧口群主体形成于中元古代伸展构造环境, 遭受 8 ~ 9 亿年的变质改造。

西乡群主要由基性火山岩、少量流纹岩和粗安岩以及层状基性侵入体组成, 具双模式性质。其中: 基性火山岩以富集 Rb, Ba, Th, La, Ce 和轻微亏损 Nb, Ta 为特征, 类似于大陆拉斑玄武岩; 层状基性侵入体为与基性火山岩共生的高位侵入岩<sup>[24]</sup>, 形成于板内伸展扩张构造环境, 同位素年龄为 1 061 ~ 1 121 Ma; 变基性火山岩和酸性火山岩同位素年龄分别为 1 451 Ma 和 987 Ma<sup>[24]</sup>, 全岩 Rb-Sr 等时年龄 733 ± 54 Ma 和 846 ± 52 Ma, 锆石 Pb-Pb 年龄 896 ± 13 Ma<sup>[6]</sup>。汉中碑坝的铁船山群、高川三花石群的岩石、地球化学特征均可与西乡群对比。铁船山群变火山岩全岩 Sm-Nd 等时年龄 1 699 ± 195 Ma, ε<sub>Nd</sub>(t) = -6.6。三花石群片麻岩全岩 Sm-Nd 等时年龄 1 660 ± Ma, 变火山岩全岩 Sm-Nd 等时年龄 1 109 ± 121 Ma, ε<sub>Nd</sub>(t) = -6.6<sup>[5]</sup>。综合地质、地球化学研究成果认为, 西乡群、三花石群和铁船山群形成于统一的长期发展演化的伸展扩张构造环境, 时限为中元古代, 遭受 8 亿年左右的变质作用。

武当群、郧西群和随县群的野外地质、岩石组合、岩石地球化学特征均完全一致, 是异地异名的统一构造环境的火山-沉积碎屑建造, 统称为武当岩群。火山岩主要由变酸性火山岩和少量变基性火山岩组成的双模式岩系, 岩石地球化学研究已证实形成于裂谷环境。武当岩群形成时限相对较长, 在房县和中部太子

坡变火山岩中分别获得全岩 Sm-Nd 等时年龄  $1.018 \pm 31 \text{ Ma}$ ,  $\epsilon_{\text{Nd}}(t) = +0.7$  和  $1.263 \pm 68 \text{ Ma}$ ,  $\epsilon_{\text{Nd}}(t) = -6.4$ 。郧西变火山岩全岩 Sm-Nd 等时年龄  $1.010 \pm 41 \text{ Ma}$ ,  $\epsilon_{\text{Nd}}(t) = -5.8^{[2]}$ 。郧县武当群变酸性火山岩全岩 Sm-Nd 等时年龄  $1.404 \text{ Ma}$ , 锆石 U-Pb 年龄  $1.044 \sim 792 \text{ Ma}$ , 全岩 Pb-Pb 模式年龄  $1.180 \sim 1.347 \text{ Ma}$ ; 凝灰岩全岩 Sm-Nd 等时年龄  $816.5 \text{ Ma}$ , Rb-Sr 年龄  $679 \sim 717 \text{ Ma}^{[26]}$ 。显然, 武当岩群主体应形成于中元古代  $15 \sim 10$  亿年,  $9 \sim 7$  亿年, 遭受变质作用改造。值得注意的是: 随县群变酸性火山岩测得锆石 U-Pb 年龄  $2.106 \pm 10 \text{ Ma}$ , 十堰断裂北武当群变火山岩测得全岩 Sm-Nd 等时年龄  $1.930 \pm 56 \text{ Ma}$ ,  $\epsilon_{\text{Nd}}(t) = +6.6^{[5]}$ ; 竹山和房县测得变酸性火山岩锆石 U-Pb 年龄分别  $1.935 \pm \text{Ma}$  和  $1.967 \pm \text{Ma}^{[26]}$ 。因此, 不排除其中含有早元古代古老物质。

耀岭河群在不同地区岩性的变化较大, 本文主要研究武当地区以基性火山岩为主的耀岭河群, 其与下伏武当群或郧西群不整合接触, 显示两者不是连续岩浆演化产物。基性火山岩富集 Ba, Rb, Th, La, Ce, 轻微亏损 Nb, Ta, 类似于大陆拉斑玄武岩<sup>[24]</sup>, 测得: 全岩 Sm-Nd 等时年龄分别为  $1.019 \pm 81 \text{ Ma}$ ,  $\epsilon_{\text{Nd}}(t) = -5.8^{[5]}$ ,  $806 \pm 37 \text{ Ma}$ ,  $\epsilon_{\text{Nd}}(t) = +3.7^{[27]}$ ,  $711 \pm 31 \text{ Ma}$ ,  $\epsilon_{\text{Nd}}(t) = +2.1^{[28]}$ ; 锆石 U-Pb 年龄  $796 \sim 162 \text{ Ma}^{[29]}$  和  $730 \sim \text{Ma}^{[30]}$ 。显然, 耀岭河群火山岩主体形成于晚元古代, 同位素组成以  $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$  相对稳定,  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  变化范围大, 以及  $\delta^{18}\text{O}$  值高且变化大为特征, 显示存在陆壳混染作用<sup>[3]</sup>, 无疑是形成于陆内扩张环境中, 但与南秦岭其他中晚元古代火山岩具有明显的差别。耀岭河群基性火山岩具有类似南秦岭的高 Pb 同位素比值特征, 但以明显低的  $\epsilon_{\text{Nd}}(t)$  区别于南秦岭中元古代火山岩, 显示其源区性质存在显著差异。地质、元素和同位素地球化学研究揭示, 耀岭河群火山岩与武当岩群中的基性岩墙群具有类似的地球化学组成, 可能是同源异相的岩浆活动产物<sup>[27, 41]</sup>。

武当地区的基性岩墙群主要由绿片岩相-低角闪岩相变质的辉绿岩和辉长岩组成, 全岩 Sm-Nd 等时年龄  $782 \pm 164 \text{ Ma}$ ,  $\epsilon_{\text{Nd}}(t) = +1.5$ , 辉石 Ar-Ar 年龄  $750 \pm 4 \text{ Ma}^{[32]}$ , 表明岩墙形成于 8 亿年左右的伸展地球动力学背景下。它以稳定的  $\delta^{18}\text{O}$  值 ( $7.1 \sim 7.8$ ) 和相对变化大的  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  初始值<sup>[41]</sup> 为特征,  $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$  和  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  初始值分别为  $0.5115 \sim 0.5119$  和  $0.703 \sim 0.706$ , 尤其是明显的低 Pb 同位素比值<sup>[41]</sup>, 指示岩浆源区是由亏损地幔与第 I 类富集地幔(EMI)混合而成的。

### 3 南秦岭构造演化与地壳增生

南秦岭桐柏-大别群、崆岭群等太古代古陆块的岩石组合、地质、地球化学特征均显示与华北存在一定的相关性, 尤其是具有类似华北的低  $\epsilon_{\text{Nd}}(t)$  同位素特征, 暗示它们可能是太古代形成于华北外侧相近的古陆块群<sup>[4]</sup>, 共同具有弱亏损型地幔特征。晚太古代末—早元古代初期, 这些陆块群开始飘离华北陆块, 华北古陆地幔未发生明显的亏损事件, 而其南侧(现今)大洋及其中零星小陆块则随着扩张事件发生地幔强烈亏损, 出现同位素地球化学省的区划。同时, 南秦岭古陆群内部也发生小规模的扩张离散, 形成火地垭(24 亿年)裂谷型火山-沉积建造。早元古代晚期, 在华北南侧洋岛基础上形成了以秦岭群为代表的早期北秦岭古陆块, 而在南秦岭陆块群北部则形成陡岭古陆块。中元古代—晚元古代早期, 南秦岭陆块群发生长期持续的伸展扩张, 形成碧口、刘家坪、铁船山、西乡、三花石、郧西、武当、随县等裂谷型火山-沉积岩系。地幔源区以相对高  $\epsilon_{\text{Nd}}(t)$  和 Pb 同位素比值为特征, 属于扬子同位素省。

晚元古代, 南秦岭由中元古代长期的伸展扩张裂谷构造逐步转化为以耀岭河基性火山岩和武当岩墙群为代表的特殊地球动力学背景, 地幔源区明显以低  $\epsilon_{\text{Nd}}(t)$  和 Pb 同位素比值为特征, 并区别于南秦岭中元古代岩浆源区的地球化学特征。耀岭河基性火山岩和武当岩墙群具有相同的时空演化特点, 前者呈面状分布, 属大陆拉斑玄武岩系列, 后者则为共生的高位基性侵入体。近年来的研究表明, 基性岩墙群是在大陆岩石圈伸展背景下, 由来自岩石圈地幔或软流圈的岩浆上涌侵入地壳上部形成的, 常常与地幔柱活动有关。野外地质填图表明, 南秦岭基性岩墙群只侵入于武当群、郧西群和随县群中, 而在其他前寒武纪地质体中不存在, 显示特殊的形成区域和构造背景。综合地质、地球化学、年代学研究, 推断武当基性岩墙群及共生的耀岭河群基性火山岩可能生成于南秦岭 8 亿年左右的小型地幔柱。

南秦岭幔源岩浆活动、构造事件的 Sm-Nd 等时年龄与锆石 U-Pb 年龄分布吻合(见图 1), 并与南秦岭、扬子壳源岩石 Sm-Nd 同位素模式年龄填图结果<sup>[2, 11]</sup> 基本一致。这显示南秦岭具有长期稳定的增生历史, 在此基础上以 24~28 亿年、20~18 亿年和 15~7 亿年增长最为强烈。南秦岭在晚太古代古陆块群基础上, 元古代长期发育裂谷火山-沉积建造,

在南秦岭各陆块之间缺乏与板块碰撞相关的缝合带遗迹,这些事实表明,南秦岭古陆块之间结合形成扬子陆块,不同于板块构造体制下的侧向增生,更可能是元古代长期的陆壳垂向加积增生导致古陆块生长,最终于晚元古代焊合,形成扬子陆块。

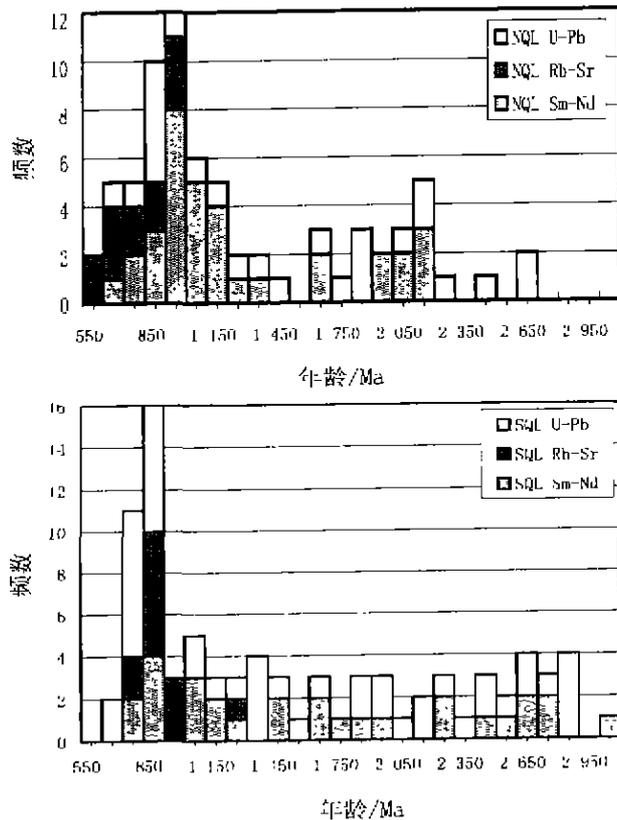


图 1 北秦岭(NQL)、南秦岭(SQL)同位素年龄频率分布图  
Fig. 1 Frequency distribution of the isotopic ages about North Qinling and South Qinling

秦岭主要变质岩群 Sm-Nd 年龄和 Nd 同位素初始  $\epsilon_{Nd}(t)$  值随时间演化(见图 2),显示南秦岭具有与北秦岭完全不同的地幔源区演化特征。南秦岭除太古代鱼洞子群和崆岭群片麻岩具有负初始  $\epsilon_{Nd}(t)$  值外,其余太古代岩石地幔源区类似于华北地幔 Nd 同位素的组成,位于或靠近亏损地幔范围。早中元古代火山岩几乎全来自亏损地幔源区,Nd 同位素组成均在 MORB 平均值演化线上或在临近摆动。同时,明显看出南秦岭中元古代地幔发生持续稳定的

亏损,而 9~7 亿年期间的耀岭河群火山岩和武当基性岩墙具有明显低的初始  $\epsilon_{Nd}(t)$  值,并与中元古代火山岩源区同位素组成的差异明显,表明存在构造体制的转换,可能归因于小型地幔柱活动。

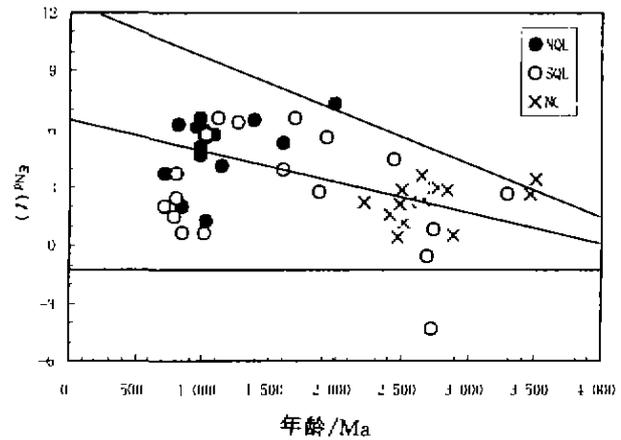


图 2 Nd 同位素初始  $\epsilon_{Nd}(t)$  值随时间演化  
Fig. 2 Diagram of the  $\epsilon_{Nd}(t)$  vs isotopic ages

#### 4 结 论

- 1) 南秦岭太古代古陆块为零散的孤立块体,主要有鱼洞子岩群、崆岭岩群,具有类似于华北古陆块的同位素组成,地幔源岩石以低初始  $\epsilon_{Nd}$  值为特征。
- 2) 南秦岭元古代地幔岩浆活动具有不同于北秦岭的地幔同位素演化趋势,存在早中元古代地幔源区亏损事件。
- 3) 南秦岭地壳生长主要发生于 8~9 亿年,以垂向加积增生为主。
- 4) 南秦岭与北秦岭具有明显不同的前寒武纪构造与演化特征。南秦岭太古代陆块是与华北相关或相近的古陆块群,并于早元古代漂离华北古陆,同时内部各陆块之间也相互离散。南秦岭经历了元古代长期伸展扩张和垂向加积增生机制控制的地壳增生,导致 9 亿年左右陆块群相互焊接拼合,8 亿年左右武当地区出现小型地幔柱,形成武当基性岩墙群和耀岭河群基性火山岩。

#### 参考文献:

[1] 张国伟,孟庆任,于在平,等. 秦岭造山带的造山过程及其动力学特征[J]. 中国科学(D 辑),1996,26(3):193-200.  
 [2] 张本仁,张宏飞,赵志丹,等. 东秦岭及邻区壳、幔地球化学分区和演化及其大地构造意义[J]. 中国科学(D 辑),1996,26(3):201-208.  
 [3] 袁学诚. 东秦岭岩石圈速度结构与蘑菇云构造模型[J]. 中国科学(D 辑),1996,26(3):209-215.  
 [4] 张国伟,于在平,董云鹏,等. 秦岭区前寒武纪构造格局与演化问题探讨[J]. 岩石学报,2000,16(1):11-21.  
 [5] 张宗清,张国伟,付国民,等. 秦岭变质地层年龄及其构造意义[J]. 中国科学(D 辑),1996,26(3):216-222.  
 [6] 秦克令,邹湘华,何世平. 陕甘川交界处摩天岭地区碧口群层序及时代划分[J]. 中国地质科学院西安地质矿产研究所

- 刊,1990,30:1-60.
- [7] 湖北地质矿产局. 湖北省区域地质志[M]. 北京:地质出版社,1993. 1-705.
- [8] 李金平,汪林生. 对鄂北几个基础地质问题的新认识[M]. 湖北地质科技情报,1994,(2):7-9.
- [9] 马大铨,李志昌,肖志发. 鄂西崆岭杂岩的组成、时代及地质演化[J]. 地球学报,1997,18(3):233-241.
- [10] 凌文黎,高山,赵祖斌,等. 扬子与华北太古宙基底差异的 Sm-Nd 同位素和 REE 新证据[J]. 地球科学,1997,18(增刊):24-27.
- [11] 刘观亮. 崆岭群时代研究取得新进展[J]. 中国区域地质,1987,(1):93-98.
- [12] 富公勤. 黄陵断隆北部太古界花岗岩-绿岩地体的发现[J]. 岩石矿物,1993,(1):5-13.
- [13] 李福喜. 黄陵断隆北部崆岭群地质时代及地层划分[J]. 湖北地质,1987,(1):28-41.
- [14] 郑维钊. 黄陵背斜北部崆岭群的太古宙信息[J]. 中国地质科学院宜昌地质矿产研究所所刊,1991,16:97-108.
- [15] 姜继圣. 黄陵变质地区的同位素地质年代及地壳演化[J]. 长春地质学院学报,1987,(3):1-11.
- [16] 高山,张本仁,谷晓明,等. 秦岭造山带元古宙陆内裂谷作用的沉积地球化学证据[J]. 科学通报,1990,35(19):1 494-1 496.
- [17] 张本仁,骆庭川,高山,等. 秦巴岩石圈构造及成矿规律地球化学研究[M]. 武汉:中国地质大学出版社,1994. 1-446.
- [18] 王根宝. 南秦岭佛坪片麻岩系同位素年代学及其地质意义[J]. 西北地质科学,1997,18(2):21-25.
- [19] 张升全,张 飏. 佛坪地区片麻岩套地质特征[J]. 陕西地质,1997,15(2):15-20.
- [20] 赵子然,万渝生,张寿广,等. 早元古陡岭群变质杂岩的岩石地球化学特征[J]. 岩石学报,1995,11(2):148-159.
- [21] 沈 洁,张宗清,刘敦一. 东秦岭陡岭群变质杂岩 Sm-Nd, Rb-Sr,  $^{40}\text{Ar}-^{39}\text{Ar}$ ,  $^{207}\text{Pb}-^{206}\text{Pb}$  年龄[J]. 地球学报,1997,18(3):248-254.
- [22] 张寿广,万渝生,刘国惠. 北秦岭宽坪群变质地质[M]. 北京:北京科学技术出版社,1996. 1-119.
- [23] 张宏飞,张本仁,赵志丹,等. 东秦岭商丹构造带陆俯冲碰撞——花岗岩岩浆源区同位素示踪证据[J]. 中国科学(D 辑),1996,26(3):231-236.
- [24] 夏林圻,夏祖春,徐学义. 南秦岭中晚元古代火山岩性质与前寒武纪大陆裂解[J]. 中国科学(D 辑),1996,26(3):237-243.
- [25] 赵祥生,马少龙,邹湘华,等. 秦巴地区碧口群时代层序、火山作用及含矿性研究[J]. 中国地质科学院西安地质矿产研究所所刊,1990,29:1-128.
- [26] 秦正水,雷世和. 武当群成岩年龄新资料兼讨论[J]. 中国区域地质,1996,(2):176-185.
- [27] 周鼎武,张成立,刘 良,等. 武当地块基性岩墙群的 Sm-Nd 定年及其相关问题讨论[J]. 地球学报,1998,19(1):25-30.
- [28] 黄 萱,吴利仁. 陕西地区岩浆岩 Nd, Sr 同位素特征及其与大地构造发展的联系[J]. 岩石学报,1990,6(2):1-11.
- [29] 刘国惠,张寿广,游振东,等. 秦岭造山带主要变质岩群及其变质演化[M]. 北京:地质出版社,1993. 1-190.
- [30] 程裕祺. 中国区域地质概论[M]. 北京:地质出版社,1994. 170-171.
- [31] 张成立,周鼎武,金海龙,等. 武当地块基性岩墙群及耀岭河群基性火山岩的 Sr, Nd, Pb, O 同位素研究[J]. 岩石学报,1999,15(3):430-437.
- [32] 周鼎武,张成立,周小虎,等. 武当地块基性岩墙群  $^{40}\text{Ar}-^{39}\text{Ar}$  定年及其地质意义[J]. 岩石学报,1999,15(1):14-20.

(编 辑 张银玲)

## The magmatism and tectonic events in South Qinling belt: its implications for the crust growth

DONG Yun-peng, ZHAO Xia

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

**Abstract:** The magma and tectonic events traced the crust growth, evolution and mantle geodynamics of South Qinling in Precambrian. The composition, characteristics and isotopic ages of Precambrian terrane, magmatism and tectonic events indicate that the mantle isotopic composition of South Qinling in Ar chian is similar to that of the North China block, and evolved a complex process of depletion during 2 500~1 300 Ma and enrichment during 1 300~800 Ma. Above all, there existed intensive crust growth in South Qinling during 900~800 Ma.

**Key words:** crust growth; magmatism; tectonic event; isotopic age; South Qinling