大别山英山和熊店榴辉岩单颗粒锆石 SHRIMP U-Pb 年代学研究

高　山[1,2], Yumin Qiu[3], 凌文黎[1], Neal J. McNaughton[3], 张本仁[1], 张国伟[2], 张泽明[4], 钟增球[1], 索书田[1]

(1. 中国地质大学地球科学学院, 湖北武汉　430074; 2. 西北大学地质学系, 陕西西安　710069; 3. 战略矿床教学与研究中心, 西澳大学, 佩思, 澳大利亚; 4. 中国地质科学院地质研究所, 北京　100081)

摘要: 报道了对大别山高压 - 超高压带河南罗山熊店和湖北英山蜜蜂尖两地榴辉岩单颗粒锆石 SHRIMP U - Pb 原位(in-situ)定年结果. 英山超高压榴辉岩年龄有 4 组: (773 ±20) Ma, (730 ±16) Ma, (461 ±7) Ma 和(262 ±6) Ma, 其中以(461 ±7) Ma 占绝对优势. 熊店高压榴辉岩有 3 组年龄: (449 ±14) Ma, (307 ±14) Ma 和(216 ±4) Ma. 两地榴辉岩中均存在约 450 Ma 的早古生代奥陶纪年龄, 它们均具有极低的 Zr 含量(9×10^{-6}～19×10^{-6}). 结合熊店榴辉岩样品具有类似于 MORB 的微量元素特征和 ε_{Nd} 值(450 Ma 时为 + 6.56), 说明该古生代年龄应代表古生代洋壳和岛弧物质俯冲经高压 - 超高压变质作用的产物. 由于奥陶纪高压 - 超高压事件的年龄同时出现在英山和熊店榴辉岩中, 且熊店榴辉岩中清楚地记录了三叠纪高压 - 超高压事件, 表明大别高压 - 超高压带北界无论是在奥陶纪或三叠纪时均应在熊店榴辉岩以北的桐柏 - 商城断裂.

关键词: 高压 - 超高压变质带; 榴辉岩; 锆石 U - Pb 年龄; SHRIMP; 古生代; 大别山.
中图分类号: P588.34　　**文献标识码**: A
文章编号: 1000 - 2383(2002)05 - 0558 - 07
作者简介: 高山(1962 -), 男, 教授, 1989 年毕业于中国地质大学(武汉), 获博士学位, 现主要从事岩石圈地球化学研究.

0　引言

前人已对大别 —苏鲁高压 - 超高压变质带进行了大量深入的同位素年代学研究. 现有不同方法的年龄数据无可争议地表明, 大别 —苏鲁榴辉岩相变质作用主要发生在 210～245 Ma 之间[1～6], 但张泽明等[7]对大别英山蜜蜂尖含柯石英假象的榴辉岩获得了(481 ±25) Ma 的石榴石 - 全岩 Sm - Nd 等时线, 同一样品的单颗粒锆石 ^{207}Pb - ^{206}Pb 年龄为(485 ±22) Ma 和(487 ±14) Ma. 游振东等[8]在安徽太湖石马和河南罗山熊店两地的榴辉岩中获得了 420～480 Ma 的单颗粒锆石 U - Pb 年龄. 简平等[9]也曾报道在英山和熊店两地榴辉岩获得时代为 450 Ma 的古生代 Sm - Nd 和锆石 U - Pb 年龄, 最近简平等[10]又获得了 335～424 Ma 的 $^{206}Pb/^{238}U$ 单颗粒锆石 SHRIMP 年龄. 古生代是大别西部的秦岭 - 桐柏造山带主要造山时期之一, 存在古生代蛇绿岩、花岗岩、麻粒岩和可能亦为古生代的榴辉岩[11～16]. 作为秦岭 - 大别造山带一部分的大别造山带古生代处于何种构造环境, 是否存在古生代高压 - 超高压变质作用, 这是研究秦岭与大别造山带之间关系及大别 - 苏鲁超高压带形成背景和演化历史的至关重要问题之一. 其中, 英山和熊店两地榴辉岩的精细同位素年代学研究是解决此问题的关键.

1　样品及分析方法

样品分别来自蜜蜂尖和熊店两地新鲜、未退变的榴辉岩, 其中蜜蜂尖样品 M1053 主要由绿辉石、石榴石、多硅白云母、金红石组成, 并见柯石英假象,

收稿日期: 2001 - 10 - 15
基金项目: 国家自然科学基金(No. 49794043, 49625305); 科技部项目(G1999043202); 西北大学基金; 教育部基金; 澳大利亚研究理事会(ARC)项目.

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

表明经历了超高压变质作用[7,8]. 熊店地区榴辉岩退变作用较广泛且不均匀,其中颗粒较粗、含石榴石较多的榴辉岩退变较强,而较细粒、绿辉石较多的样品退变较弱. 本研究所用的样品 HXD98 - 7 为细粒、未退变的含少量石榴石的绿辉石岩. 熊店榴辉岩中未见柯石英或其假象,表明应为高压榴辉岩. 两地榴辉岩围岩均为花岗质片麻岩.

将代表性的锆石颗粒粘在环氧树胶上,然后磨光至一半,抛光,暴露出颗粒内部并镀金. 锆石的 U、Th 和 Pb 同位素组成分析在西澳大学、Curtin 大学和西澳地质调查所共同拥有的 SHRIMP II 上进行. 分析和数据处理方法同文献[17]. 所用标准物质是斯里兰卡锆石 CZ3,其$^{206}Pb/^{238}U$ 原子数比值为 0.091 4,年龄为 564 Ma. 每分析一次标样,测定 2～4 个待测锆石点. 对 CZ3 的 U/Pb 比值分析偏差为 1.2 %～3.02 %(1σ). 年龄计算中,采用 Steiger and Jager 给出的衰变常数,普通 Pb 校正采用^{204}Pb 直接测定法,年龄置信水平为 95 %(2σ).

2　结果

对两地榴辉岩样品的分析结果及 U - Pb 同位素谐和图分别见表 1,2 及图 1,2.

2.1　英山蜜蜂尖超高压榴辉岩 M1053

对英山蜜蜂尖超高压榴辉岩 M1053 样品的 12 个锆石颗粒进行了 13 次分析(表 1). 结果可分为 4 组年龄:(1)分析 C1 - 1 是在一颗粒锆石核部进行

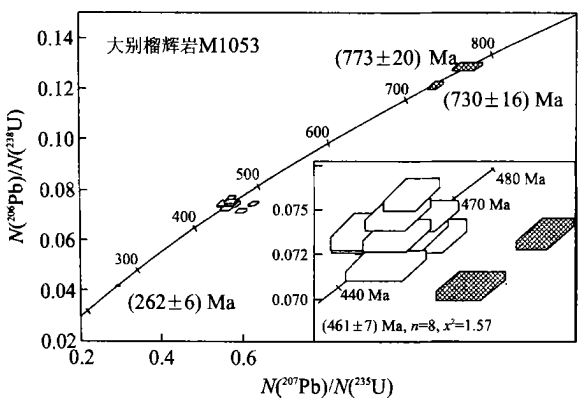


图 1　湖北英山蜜蜂尖超高压榴辉岩样品 M1053 的单颗粒锆石 SHRIMP U - Pb 年龄谐和

Fig. 1　Concordia diagram of single-zircon SHRIMP U-Pb dating for M1053 UHP eclogite from Mifengjian of Yingshan, Hubei Province

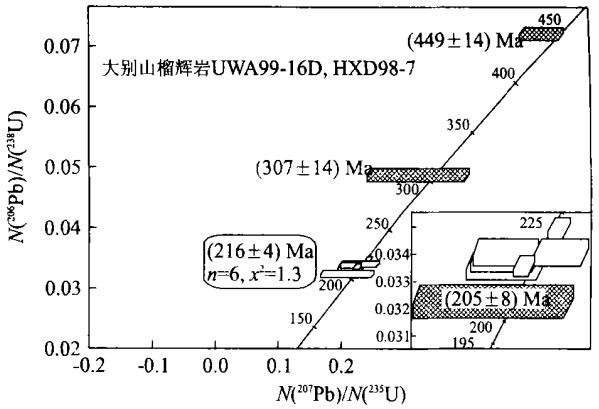


图 2　河南熊店高压榴辉岩样品 HXD98 - 7 的单颗粒锆石 SHRIMP U - Pb 年龄谐和

Fig. 2　Concordia diagram of single-zircon SHRIMP U-Pb dating for HXD98 - 7 HP eclogite from Xiongdian of Luoshan, Henan Province

的(图 1),结果给出(773 ±20) (2σ) Ma 的谐和年龄;(2)在同一颗粒的边部进行的分析 C1 - 2 给出的谐和年龄为(730 ±16) Ma;(3)分析 C9 - 1 给出谐和年龄为(262 ±6) Ma;(4)在其余 10 个颗粒锆石上进行的 10 次分析给出的 U - Pb 年龄为 440～471 Ma,其中分析 C4 - 1 和 C7 - 1 明显不谐和,除去这 2 个分析,其余 8 个谐和的分析给出的年龄为(461 ±7) Ma.

2.2　熊店高压榴辉岩 HXD98 - 7

对熊店高压榴辉岩样品 HXD98 - 7 中的 10 个锆石颗粒进行了 10 次分析(表 2). 所获得的锆石年龄可分为 3 组:(1)分析 D2 - 1 给出近于谐和的年龄为(449 ±14) Ma;(2)分析 D8 - 1 给出不一致年龄,其中$^{206}Pb/^{238}U$ 年龄为(307 ±14) Ma;D6 - 1 的$^{206}Pb/^{238}U$ 年龄为(330 ±20) Ma;(3)其余 7 次分析年龄从近于谐和到不谐和,它们的$^{206}Pb/^{238}U$ 年龄范围为 205～221 Ma,除明显较年轻且不谐和的分析 D4 - 1 外,其余 6 颗锆石给出的$^{206}Pb/^{238}U$ 平均年龄为(216 ±4) Ma.

3　讨论

3.1　早古生代高压 - 超高压作用的证据

笔者对 M1053 和 HXD98 - 7 两个榴辉岩同时进行 ICP - MS 和 XRF 元素分析,以准确确定其中 Zr 的含量,其中 XRF 和 ICP - MS 获得 M1053 中的 Zr 含量分别为8.9 ×10⁻⁶和19 ×10⁻⁶,HXD98 - 7中

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

表1 蜜蜂尖榴辉岩M1053的SHRIMP U—Pb锆石年龄分析结果

Table 1 SHRIMP U-Pb isotopic composition of zircons for Mifengjian eclogite M1053

测定点	$w(U)/10^{-6}$	$w(Th)/10^{-6}$	$w(Th)/w(U)$	$w(Pb)/10^{-6}$	f206/%	$\frac{N(^{206}Pb)}{N(^{238}U)}$	$\frac{N(^{207}Pb)}{N(^{235}U)}$	$\frac{N(^{207}Pb)}{N(^{206}Pb)}$	$\frac{N(^{208}Pb)}{N(^{206}Pb)}$	t/Ma $^{206}Pb/^{238}U$	t/Ma $^{207}Pb/^{206}Pb$	年龄谐和性/%
C1—1	124	64	0.51	17	0.384	0.127±0.002	1.14±0.03	0.064 9±0.001 7	0.157 9±0.003 8	773±10	772±54	100
C2—1	183	133	0.73	15	0.697	0.074±0.001	0.57±0.03	0.055 9±0.002 5	0.222 9±0.005 9	457±6	448±98	102
C3—1	531	551	1.04	48	0.379	0.075±0.001	0.57±0.01	0.054 9±0.001 0	0.319 9±0.002 7	465±5	410±41	113
C4—1	347	329	0.95	29	0.342	0.071±0.001	0.60±0.01	0.061 1±0.001 2	0.319 0±0.003 2	440±5	642±41	69
C5—1	481	732	1.52	48	0.106	0.076±0.001	0.57±0.01	0.054 7±0.000 8	0.473 9±0.003 0	471±5	400±33	118
C6—1	325	239	0.74	27	0.110	0.074±0.001	0.57±0.01	0.055 8±0.001 1	0.227 9±0.002 8	457±5	444±44	103
C7—1	569	181	0.32	42	0.072	0.074±0.001	0.63±0.01	0.061 6±0.000 8	0.107 4±0.001 7	458±5	659±28	70
C8—1	102	66	0.64	8	0.076	0.074±0.001	0.56±0.02	0.055 3±0.002 1	0.202 2±0.005 2	459±6	426±85	108
C9—1	2 290	3 363	1.47	122	0.058	0.041±0.000	0.29±0.00	0.051 3±0.000 4	0.440 7±0.001 6	262±3	255±20	103
C10—1	313	390	1.25	28	0.176	0.072±0.001	0.56±0.02	0.056 7±0.001 4	0.379 8±0.003 9	447±5	479±54	93
C11—1	394	612	1.55	39	0.218	0.075±0.001	0.58±0.01	0.056 0±0.001 2	0.480 3±0.003 6	464±5	453±47	102
C12—1	263	176	0.67	21	0.246	0.075±0.001	0.57±0.02	0.055 4±0.001 2	0.206 4±0.003 1	464±5	430±49	108
C1—2	461	447	0.97	67	0.218	0.120±0.001	1.06±0.02	0.064 3±0.000 7	0.330 9±0.002 1	730±8	750±24	97

f206为^{206}Pb总量中普通^{206}Pb所占的百分比. 误差为1σ.

表2 熊店榴辉岩HXD98—7的SHRIMP U—Pb锆石年龄分析结果

Table 2 SHRIMP U-Pb isotopic composition of zircons for Xiongdian eclogite HXD98—7

测定点	$w(U)/10^{-6}$	$w(Th)/10^{-6}$	$w(Th)/w(U)$	$w(Pb)/10^{-6}$	f206/%	$\frac{N(^{206}Pb)}{N(^{238}U)}$	$\frac{N(^{207}Pb)}{N(^{235}U)}$	$\frac{N(^{207}Pb)}{N(^{206}Pb)}$	$\frac{N(^{208}Pb)}{N(^{206}Pb)}$	t/Ma $^{206}Pb/^{238}U$	t/Ma $^{207}Pb/^{206}Pb$	年龄谐和性/%
D1—1	504	175	0.35	17	0.917	0.034±0.000	0.22±0.02	0.046 9±0.003 8	0.100 6±0.008 7	214±3	49±177	440
D2—1	266	195	0.74	22	1.160	0.072±0.001	0.53±0.04	0.053 0±0.003 5	0.216 0±0.008 2	449±7	327±149	137
D3—1	511	282	0.55	19	0.301	0.034±0.000	0.25±0.01	0.052 9±0.003 0	0.179 1±0.007 0	216±3	324±129	67
D4—1	171	105	0.62	6	1.876	0.032±0.001	0.21±0.04	0.047 7±0.009 5	0.180 6±0.022 0	205±4	85±413	242
D5—1	366	165	0.45	13	1.106	0.034±0.001	0.22±0.02	0.047 3±0.004 4	0.130 3±0.010 1	212±3	65±205	325
D6—1	43	12	0.27	3	7.905	0.052±0.002	0.02±0.17	0.002 4±0.023 0	0.036 1±0.052 6	330±10	0±92	0
D7—1	396	165	0.42	14	1.035	0.034±0.000	0.22±0.02	0.046 5±0.003 6	0.116 2±0.008 2	216±3	35±164	615
D8—1	83	21	0.25	4	2.106	0.049±0.001	0.33±0.08	0.048 4±0.012 0	0.083 9±0.027 2	307±7	119±497	257
D9—1	737	352	0.48	27	0.181	0.035±0.000	0.25±0.01	0.051 3±0.001 0	0.148 3±0.002 4	221±3	256±46	86
D10—1	918	498	0.54	32	0.246	0.034±0.000	0.23±0.01	0.049 4±0.001 0	0.160 7±0.002 4	213±2	166±48	128

f206为^{206}Pb总量中普通^{206}Pb所占的百分比. 误差为1σ.

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

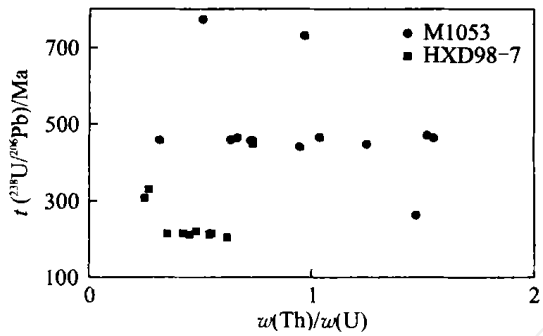


图 3　M1053 和 HXD98 - 7 榴辉岩单颗粒锆石 SHRIMP U - Pb 年龄与 $w(Th)/w(U)$ 之间的关系

Fig. 3　Correlation between SHRIMP $^{238}U/^{206}Pb$ age and $w(Th)/w(U)$ ratio for zircon of eclogites M1053 and HXD98 - 7

的 Zr 含量分别为17.3 $\times10^{-6}$和 25 $\times10^{-6}$,考虑到 XRF 对 30 $\times10^{-6}$以下的 Zr 含量分析精度较差,上述结果表明,由于这 2 个样品中锆石颗粒细小,ICP - MS 采用的酸溶方法对 Zr 的溶解是完全的. 而笔者的大量实验结果表明,常压下的酸溶对于较高 Zr 含量的榴辉岩中锆石的溶解是不完全的. 两样品的 Zr 含量甚至大大低于 N - MORB(104 $\times10^{-6}$[18]),而仅相当于原始地幔的水平(9 $\times10^{-6}$[18]). 现有研究表明,即使是在榴辉岩相变质条件下,Zr 一般是不活动的,榴辉岩中的 Zr 含量能够代表原岩中的含量[19]. 在如此低的 Zr 含量下,岩浆中的 Zr 不可能达到过饱和而结晶出锆石. 因此,两样品中获得的不同锆石年龄,均应代表榴辉岩原岩基性 - 超基性岩浆岩(M1053 和 HDX98 - 7 中的 SiO_2 质量分数分别为 44.3 %和 46.1 %)形成后,由于变质和构造热事件形成的锆石.

锆石的 $w(Th)/w(U)$ 常用来指示锆石的成因. 通常 $w(Th)/w(U)<0.3$ 作为变质成因锆石的标志,而高的 $w(Th)/w(U)$ 则是岩浆成因锆石标志. 然而,图 3 表明无论是 M1053 或 HXD98 - 7,锆石年龄与 $w(Th)/w(U)$ 之间均不存在相关性,$w(Th)/w(U)<0.8$ 对应的年龄为 210～773 Ma,而同为 450～460 Ma 的两样品的锆石 $w(Th)/w(U)$ 可从 0.3～1.6 变化. 由于 HXD98 - 7 中 216 Ma 的年龄与前人获得大别 - 苏鲁其他地区榴辉岩的变质年龄一致[1～5],因此该年龄应为印支期变质年龄. 与该年龄对应的 $w(Th)/w(U)$ 同样出现在晚元古宙和古生代年龄的锆石中,这从另一方面表明,所研究的两样品中的锆石均是非岩浆成因的,两样品中锆石颗粒细小且呈浑圆状也证明了这一点.

两样品中极低的 Zr 和 REE 含量以及相对较高的 ε_{Nd}值(M1053 和 HXD98 - 7 中的 La 含量分别为 4.69 $\times10^{-6}$和 1.58 $\times10^{-6}$,450 Ma 时的 ε_{Nd}分别为 - 0.63 和 + 6.56),亦说明其中的锆石不应是地壳内捕获的产物.

英山榴辉岩 M1053 中 773～730 Ma 的年龄与前人在大别 - 苏鲁获得的片麻岩锆石 U - Pb 上交点或继承锆石核部的年龄(主要分布在 780～730 Ma 之间[3～5])一致. 该年龄组通常解释为片麻岩原岩年龄. 笔者认为 M1053 中的这组年龄代表了榴辉岩原岩遭受了与片麻岩原岩花岗质岩浆侵入同期构造热事件形成的锆石.

M1053 中占绝对优势的年龄是(461 ±7) Ma. 由于(262 ±6) Ma 这一年龄仅有 1 颗锆石,加之 M1053 中并没有出现像 HXD98 - 7 中大别 - 苏鲁榴辉岩常见的高压 - 超高压峰期年龄(210～240 Ma)[1～5],因此(461 ±7) Ma 年龄最可能是代表英山榴辉岩超高压变质作用的年龄. 该年龄与张泽明在同一样品中获得的 450 Ma 绿辉石 - 石榴石 - 全岩 Sm - Nd 等时线年龄一致[7]. 同时,HXD98 - 7 的年龄(449 ±14) Ma 在误差范围内与(461 ±7) Ma 的年龄是一致的. M1053 中的(262 ±6) Ma 的年龄和 HXD98 - 7 中的(307 ±7) Ma 的年龄,均只记录在 1 颗锆石中,其意义有待进一步探讨. HXD98 - 7 中的(216 ±4) Ma 的年龄与大别 - 苏鲁其他地区已获得的榴辉岩峰期变质作用年龄相当.

简平等[10]最近对熊店榴辉岩 8 颗锆石的 SHRIMP $^{238}U-^{206}Pb$ 的定年结果为:3 颗锆石的年龄分别为(403 ±7) Ma、(408 ±8) Ma、(424 ±5) Ma,略低于本研究获得的(449 ±14) Ma. 其余 5 颗锆石的年龄范围为 301～366 Ma,但在他们的研究中未发现 205～221 Ma 的锆石. 他们将 403～424 Ma 的年龄解释为熊店榴辉岩的最小变质峰期年龄. 结合其他研究,他们推测真实峰期年龄可能介于 424～480 Ma 之间,而将 301～366 Ma 的年龄解释为代表了晚期流体活动事件.

本文对英山和熊店两地榴辉岩 SHRIMP 锆石U - Pb 定年结果表明,至少这两地的榴辉岩经历了 2 期高压 - 超高压变质作用:第 1 期为约 440～470 Ma 的奥陶纪;第 2 期为大别—苏鲁其他地区榴辉岩记录到的约 210～240 Ma 的三叠纪. 熊店榴辉岩 450 Ma 时 ε_{Nd}为 + 6.56,接近当时的贫化地幔值

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

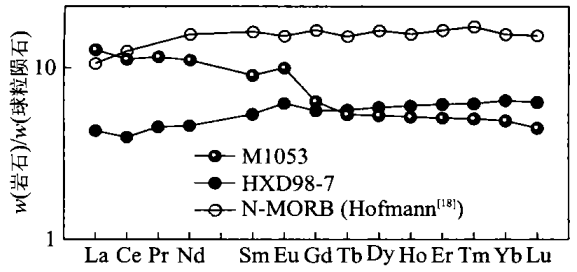


图 4 M1053 和 HXD98 - 7 榴辉岩的稀土元素分配模式

Fig. 4 REE distributions of eclogites M1053 and HXD98 - 7

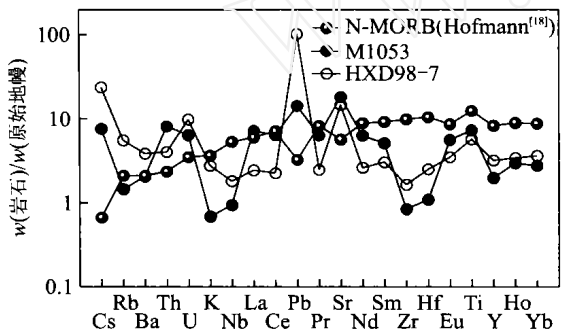


图 5 M1053 和 HXD98 - 7 榴辉岩的微量元素分配模式

Fig. 5 Trace elemental distributions of eclogites M1053 and HXD98 - 7

(+9.1),加之其类似于 N - MORB 的 REE 分配模式(图 4),表明具有洋壳性质. 然而,在微量元素分布图上(图 5),两榴辉岩均显示出具 Pb 正异常和 Nb 负异常的岛弧玄武岩特征,因此它们应是在洋壳 - 岛弧过渡环境下的产物,这也正是北秦岭丹凤和二郎坪蛇绿岩的特征. 丹凤和二郎坪蛇绿岩的年龄为晚元古代 —寒武纪[11,12]. 碎屑沉积岩源区和花岗岩长石 Pb 同位素和地质研究表明,志留 —泥盆纪时华北和扬子陆块在东秦岭已对接[13,20]. 然而最近的研究表明,志留 —泥盆纪事件更可能代表了北秦岭和南秦岭对接过程[21]. 无论如何,志留 —泥盆纪是秦岭地区一次重要的洋壳消减和陆块对接时期. 熊店和蜜蜂尖榴辉岩记录的奥陶纪的高压 - 超高压事件应代表类似于东秦岭的早古生代洋壳和岛弧深俯冲产物.

3.2 高压 - 超高压带的北界

英山榴辉岩产于通常所指的大别超高压单元内,而熊店榴辉岩则分布在以北的苏家河构造混杂岩带内,其北界为桐柏 - 商城断裂. 由于奥陶纪高压 - 超高压事件的年龄同时出现在英山和熊店榴辉岩中,且熊店榴辉岩中清楚地记录了三叠纪高压 - 超高压事件,这些证据很好地表明,大别高压 - 超高压带北界无论是在奥陶纪或三叠纪时均应在熊店榴辉岩以北. 这与大别山北部新近榴辉岩的发现结果一致[22].

参考文献:

[1] Li S G, Xiao Y, Liou D, et al. Collision for the North China and Yangtze blocks and formation of coesite-bearing eclogite: timing and processes [J]. Chemical Geology, 1993, 161: 89 - 111.

[2] 李曙光,李惠民,陈移之,等. 大别山 - 苏鲁地体超高压变质年代学: Ⅱ. 锆石 U - Pb 同位素体系[J]. 中国科学(D 辑),1997, 27(3): 200 - 206.
LI S G, LI H M, CHEN Y Z, et al. Metamorphic geochronology of the Dabie-Sulu ultrahigh-pressure terrain. Ⅱ. Zircon U-Pb isotopic system [J]. Science in China (Series D), 1997, 27 (3): 200 - 206.

[3] Jahn B M, Cornichet J, Cong B, et al. Ultrahigh-ε_{Nd} eclogites from an ultrahigh-pressure metamorphic terrane of China [J]. Chemical Geology, 1996, 127: 61 - 79.

[4] Ames L, Zhou G, Xiong B. Geochronology and geochemistry of ultrahigh-pressure metamorphism with implications for collision of the Sino-Korean and Yangtze cratons, Central China [J]. Tectonics, 1996, 15: 472 - 489.

[5] Rowley D B, Xue F, Tucker R D, et al. Ages of ultrahigh pressure metamorphism and protolith orthogneisses from the eastern Dabie Shan: U/Pb zircon geochronology [J]. Earth and Planetary Science Letters, 1997, 151: 191 - 203.

[6] Hacker B R, Ratschbacher L, Webb L, et al. U/Pb zircon ages constrain the architecture of the ultrahigh-pressure Qinling-Dabie orogen, China [J]. Earth and Planetary Science Letters, 1998, 161: 215 - 230.

[7] 张泽明,游振东,韩郁菁. 大别 —苏鲁榴辉岩带的岩石学、变质作用过程及成因研究[J]. 地质学报, 1995, 69: 306 - 323.
ZHANG Z M, YOU Z D, HAN Y J. Study of petrology, metamorphism and genesis of Dabie-Sulu eclogites [J]. Acta Geologica Sinica, 1995, 69: 306 - 323.

[8] 游振东,韩郁菁,张泽明. 东秦岭 —大别高压 - 超高压变质带[M]. 武汉:中国地质大学出版社,1998. 157.
YOU Z D, HAN Y J, ZHANG Z M. East Qinling-Dabie ultrahigh-pressure metamorphic belt [M]. Wuhan: China University of Geosciences Press, 1998. 157.

[9] 简平,杨巍然,李志昌. 大别山西部熊店加里东期榴辉岩——同位素年代学的证据[J]. 地质学报,1997, 71(2): 133 - 141.

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

JIAN P, YANG W R, LI Z C. Caledonian eclogite from Xiongdian, western Dabieshan mountains: geochronological evidence [J]. Acta Geologica Sinica, 1997, 71(2): 133 - 141.

[10] 简平,刘敦一,杨巍然,等. 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[J]. 地质学报,2000, 74(3): 259 - 264.
JIAN P, LIU D Y, YANG W R, et al. Characteristics and SHRIMP U-Pb dating of zircon from Caledonian Xiongdian eclogite, Luoshan, Henan Province, western Dabieshan mountains [J]. Acta Geologica Sinica, 2000, 74 (3): 259 - 264.

[11] 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. 446.
ZHANG B R, LUO T C, GAO S, et al. Geochemical study of structure and ore genesis of lithosphere in the Qinba area [M]. Wuhan: China University of Geosciences Press, 1994. 446.

[12] 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, 39(3): 193 - 200.
ZHANG G W, MENG Q R, YU Z P, et al. Orogenesis and dynamics of the Qinling orogen [J]. Science in China (Series D), 1996, 39(3): 225 - 234,

[13] Zhang H F, Gao S, Zhang B R, et al. Pb isotopes of granitoids suggest Devonian accretion of the Yangtze (South China) craton to the North China craton [J]. Geology, 1997, 25: 2015 - 2018.

[14] Kroner A, Zhang G W, Sun Y. Granulites in the Tongbai area, Qinling belt, China: geochemistry, petrology, single zircon geochronolgy, and implications for the tectonic evolution of eastern Asia [J]. Tectonics, 1993, 12: 245 - 255.

[15] 胡能高,赵东林,徐伯青,等. 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[J]. 矿物岩石, 1995, 15(4): 1 - 9.
HU N G, ZHAO D L, XU B Q, et al. Petrology and metamorphism of high to ultrahigh pressure eclogites from the Guanpo area, North Qinling [J]. Mineralogy and Petrology, 1995, 15(4): 1 - 9.

[16] 魏春景,吴玉新,倪云燕,等. 河南桐柏地区榴辉岩的特征及其地质意义[J]. 科学通报,1999, 44: 1882 - 1885.
WEI C J, WU Y X, NI Y Y, et al. Characteristics and geological significance of eclogites from the Tongbai area, Henan Province [J]. Chinese Science Bulletin, 1999, 44: 1882 - 1885.

[17] Qiu Y, Gao S, McNaughton N J, et al. SHRIMP U-Pb zircon and Nd isotopic evidence for > 3.0 Ga continental crust in the Yangtze craton, South China [J]. Geology, 2000, 28: 11 - 14.

[18] Hofmann A W. Chemical differentiation of the Earth: the relationship between mantle, continental crust, and oceanic crust [J]. Earth and Planetary Science Letters, 1988, 90: 297 - 314.

[19] Becker H, Jochum K P, Carlson R W. Trace element fractionation during dehydration of eclogites from high-pressure terranes and the implications for element fluxes in subduction zones [J]. Chemical Geology, 2000, 163: 65 - 99.

[20] Gao S, Zhang B R, Gu X M, et al. Silurian-Devonian provenance changes of South Qinling basins: implications for accretion of the Yangtze (South China) to the North China cratons [J]. Tectonophysics, 1995, 250: 183 - 197.

[21] Meng Q R, Zhang G W. Geologic frame work and tectonic evolution of the Qinling orogen, central China [J]. Tectonophysics, 2000, 323:183 - 196.

[22] 徐树桐,苏文,刘贻灿. 大别山北部榴辉岩的发现及其岩相学意义[J]. 科学通报,1999, 44: 1452 - 1456.
XU S T, SU W, LIU Y C. Findings of eclogites from the North Dabie belt and their petrographic significance [J]. Chinese Science Bulletin, 1999, 44: 1452 - 1456.

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

SHRIMP Single Zircon U-Pb Geochronology of Eclogites from Yingshan and Xiongdian

GAO Shan[1,2], Yumin Qiu[3], LING Wen-li[1], Neal J. McNaughton[3], ZHANG Ben-ren[1], ZHANG Guo-wei[2], ZHANG Ze-ming[4], ZHONG Zeng-qiu[1], SUO Shu-tian[1]

(1. *Faculty of Earth Sciences, China University of Geosciences, Wuhan* 430074, *China*; 2. *Department of Geology, Northwest University, Xi'an* 710069, *China*, 3. *Key Center for Teaching and Research in Strategic Mineral Deposits, the University of Western Australia, Nedlands* 6907, *Perth, Australia*; 4. *Institute of Geology, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing* 100081, *China*)

Abstract: Zircons of eclogites from Xiongdian (Luoshan, Henan) and Mifengjian (Yingshan, Hubei) are dated by the SHRIMP U-Pb method. The Yingshan coesite-bearing ultrahigh-pressure eclogite shows four age groups: (773 ±20) Ma, (730 ±16) Ma, (461 ±7) Ma and (262 ±6) Ma, with the dominance of the (461 ±7) Ma group. The Xiongdian high-pressure eclogite shows three age groups of (449 ±14) Ma, (307 ±14) Ma and (216 ±4) Ma. The ca. 450 Ma age is present in eclogites from both localities. They have extremely low Zr (9×10^{-6} - 19×10^{-6}). Together with the MORB-like trace element characteristics and ε_{Nd} (+6.56 at 450 Ma), the age suggests an early Paleozoic high- and ultrahigh-pressure metamorphic event probably related to the subduction of oceanic crust and associated arc materials. The coexisting Ordovician and Triassic ages in the Xiongdian eclogite also suggest that the northern boundary of the Dabie high- and ultrahigh-pressure metamorphic belt, regardless of time, is to the north of Xiongdian.

Key words: high- and ultrahigh-pressure metamorphic belt; eclogite; zircon U-Pb age; SHRIMP; Paleozoic; Dabieshan mountain.

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net