科学通报
第40卷 第14期 CHINESE SCIENCE BULLETIN 1995年7月

大别山碧溪岭石榴石橄榄岩－榴辉岩高压变质作用的年代学研究*

刘若新 樊祺诚 李惠民① 张 旗② 赵大升② 马宝林

(国家地震局地质研究所，北京 100029; ① 地质矿产部天津地质矿产研究所，天津 300170;
② 中国科学院地质研究所，北京 100029)

关键词 大别山碧溪岭 石榴石橄榄岩－榴辉岩体 岩石学与年代学

1 岩体地质及岩石学和地球化学

碧溪岭石榴石橄榄岩－榴辉岩体是大别山超高压变质带中含柯石英榴辉岩或含微粒金刚石榴辉岩体[1,2]中最大者，其面积略大于1 km^2，平面略呈浑圆状．岩体与大别群花岗质片麻岩构造接触，其间可见宽十余米的糜棱岩带．糜棱岩中钾长石的多重扩散域构造-热年代学研究结果表明，它们是在165 Ma时经快速抬升进入到相当于350 ℃左右的地壳水平，直到102～97Ma时又一次抬升定位于现今的位置[1)]．碧溪岭岩体是一个以榴辉岩为主(占90%以上)的镁铁-超镁铁岩体，超镁铁岩类包括有石榴石橄榄岩、石榴石橄榄二辉岩，榴辉岩可分出石英榴辉岩(包括蓝晶石榴辉岩)、铁钛榴辉岩、高镁榴辉岩(包括斜方辉石榴辉岩)三类，而以石英榴辉岩占优势．在剖面上，石英榴辉岩与高镁榴辉岩或铁钛榴辉岩可以呈互层出现．榴辉岩中主要共生矿物为石榴子石、绿辉石、石英，其次为蓝晶石、多硅白云母、黝帘石及斜黝帘石、滑石、斜方辉石等，少量矿物有金红石、赤铁矿、尖晶石，以及锆石等．

变质超镁铁岩主要由不同比例的贵橄榄石($Fo_{84\sim89.5}$)、石榴子石($Pyr_{57\sim66}$)、极贫Al_2O_3(0%～0.23%)的斜方辉石或透辉石和少量菱镁矿组成．贫Al_2O_3斜方辉石与菱镁矿均可作为该类岩石超高压变质的矿物学标志．岩相学和矿物学研究表明，碧溪岭榴辉岩经历了高压－超高压条件下的韧性变形和重结晶作用，并经受了多期次退变质作用．

据矿物温压计估算结果，石榴石橄榄岩的变质P-T条件：T=758～775℃，P=4 270～4 760MPa．采用三种不同的Gt-Cpx温度计(Elliss and Green, 1979; Raheim and Green, 1974; Powell, 1985)，得出三类榴辉岩的变质温度介于700～800℃之间，与前述超镁铁岩的变质温度极为近似．上述结果表明，该榴辉岩体仍保留了低地温梯度的高压低温的P-T条件．

碧溪岭岩体中榴辉岩的REE分布为LREE轻度富集型，具明显的正Eu异常[3]，表明其原岩为经历过结晶分离作用的镁铁-超镁铁质堆晶岩系．三个接近原始岩浆(Mg′为0.67)的样品的共同特点是Th>Ta,Nb,Ta丰度低于N-MORB值，在标准化微量元素分布图中，显示明

1994-11-28收稿，1995-03-04收修改稿
*国家自然科学基金资助项目
1) 陈文寄等，待发表资料

显的 Ta, Nb 亏损，指示其产于岛弧或大陆边缘环境．榴辉岩和石榴石橄榄岩的 $^{143}Nd/^{144}Nd$ 在 0.512 37～0.512 57 之间，ε_{Nd} 在 −1.3～−5.2 之间，$^{87}Sr/^{86}Sr$=0.704 0～0.704 5．在 Nd-Sr 图中落入靠近原始地幔值的富集地幔区，据 $\delta^{18}O$ 与 $^{87}Sr/^{86}Sr$ 的关系指示其源区有少量消减带物质混入，这与由微量元素指示的产于岛弧环境相吻合．

根据上述岩石学和地球化学特点，我们认为该岩体的原岩为一个经历过结晶分离作用，由含少量斜长石的橄榄岩和橄榄辉石岩，橄榄辉长石，石英辉长岩，铁辉长岩组成的侵入体．

2　年代学

已经有一些研究者对碧溪岭榴辉岩进行过年代学研究[4]，我们获得该岩体榴辉岩矿物 Sm-Nd 等时年龄为 (230.1±9.33) Ma(图 1)，还从大约 4kg 的石英榴辉岩中获得不同颜色和晶形的四组锆石，单颗粒锆石 U-Pb 稀释法测定结果 (表 1 和图 2(a),(b)) 表明，存在 4 组 U-Pb同位素年龄值: (2 210±39) Ma; (907±100) Ma～(818±163) Ma; (418.4±2.2) Ma～(491.8±4) Ma; (247±68) Ma．我们未能重复出曹荣龙等[1] 所获得的太古代年龄值．张泽明等 (1993) 获得英山蜜蜂尖榴辉岩中锆石 Pb-Pb 年龄为 (485±22) Ma，榴辉岩全岩－矿物 Sm-Nd 等时年龄为 (481±25) Ma，而他们获得的同一岩体榴辉岩的全岩 Sm-Nd 等时年龄 (2 065±130) Ma．我们还注意到 Ames and Tilton (1992) 发表的大别山榴辉岩中锆石的 U-Pb 年龄介于 800～900Ma; 李曙光等 (1993) 在青岛榴辉岩中锆石的 U-Pb 年龄也介于 800～900Ma[5]，这些年龄值与我们的第二组年龄值相当．李曙光等[6] 报道的大量大别山－苏北－胶东南榴辉岩的 Sm-Nd 等时年龄多集中在210～250Ma 范围内．Leslie 等报道大别山榴辉岩中锆石 U-Pb 年龄多为 (212±11) Ma[2]，这些年龄值与我们的第 4 组 U-Pb 年龄相当．

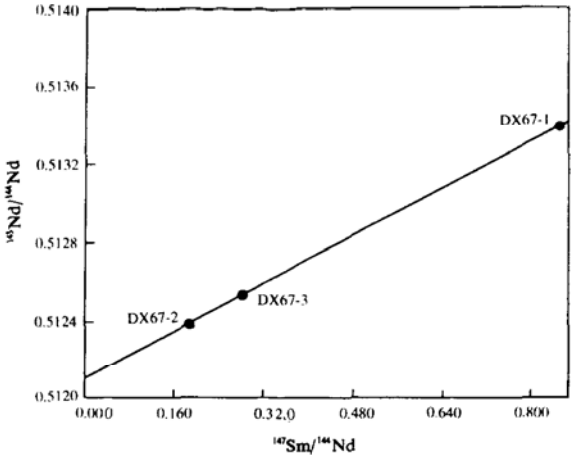


图 1　碧溪岭榴辉岩矿物 Sm-Nd 等时年龄图

A=(0.512 106±1.96)E-5, B=(0.001 506 3±6.1)E-5, T=(230.1±9.33)Ma, $E_{Nd}(T)$=4.64±0.383, COR.COEF=0.999 913

3　讨论

从一个榴辉岩样品中获得 4 种不同颜色晶形的锆石并得到4 组 U-Pb 年龄这一事实清楚表明，这些榴辉岩经历了多次变质或者构造－热事件，并形成了不同世代的锆石．由于我们所研究的榴辉岩体的原岩是一个镁铁－超镁铁岩侵入体，Sr-Nd-O 同位素成分仅显示遭受轻微的源区混染，因而不大可能用外来古老锆石的加入来解释上述第一组早元古代的 U-Pb 年龄．将这一组锆石看作是榴辉岩原岩中的残留锆石可能是合理的．它们具有深棕色及浑圆状晶形也有可能支持其古老成因．至于第四组 (247±68) Ma的 U-Pb 年龄，以及上述介于 210～250Ma 的包括碧溪岭榴辉岩在内的大量 Sm-Nd 矿物等时年龄，以往曾被认为是大别山－

1) 曹荣龙，朱寿华．安徽碧溪岭含柯石英榴辉岩的 U-Pb 与 $^{40}Ar/^{39}Ar$ 年代学研究．地球化学，1995 (待发表)

2) 中、美双边高压变质作用讨论会，北京，1992

表1 碧溪岭榴辉岩中锆石U-Pb同位素地质年龄测定结果

样品号	锆石矿	重量	U/	Pb/	普通Pb	U-Pb同位素原子比率[a]					表面年龄/Ma		
(颗粒号)	物特征	/μg	μg·g^{-1}	μg·g^{-1}	量/ng	206/204	208/204	206/238	207/235	207/206	206/238	207/235	207/206
1	长柱状,浅黄-	10	1 160	147	0.39	95.4	0.185 20	0.067 07	0.509 1	0.055 06	418.4	417.8	414.5
(3)	无色透明							(36)	(334)	(34)			
2	短柱状,浅黄-	15	619	158	0.75	48.7	0.267 80	0.080 12	0.630 5	0.057 07	491.8	496.4	494.3
(4)	无色透明							(60)	(687)	(588)			
3	短柱状,黄褐色	10	2 270	147	0.1	461	0.0746 6	0.057 95	0.462 8	0.057 92	363.2	386.2	526.6
(5)								(21)	(123)	(144)			
3	短柱状,黄褐色	20	1 364	90	0.02	3 410	0.105 40	0.064 40	0.527 0	0.059 36	402.3	429.8	580.2
(10)								(28)	(92)	(96)			
3	短柱状,黄褐色	10	1 741	183	0.38	100	0.137 40	0.058 77	0.474 2	0.058 51	368.2	394.1	549.0
(6)								(23)	(181)	(210)			
3	短柱状,黄褐色	30	1 097	74	0.02	3 378	0.209 90	0.060 74	0.494 1	0.059 00	380.1	407.7	567.1
(11)								(24)	(87)	(96)			
3	短柱状,黄褐色	10	1 327	209	0.41	90	0.125 70	0.082 99	0.716 9	0.062 65	513.9	548.8	696.5
(7)								(35)	(271)	(222)			
4	浑圆短柱状,	10	1 155	378	0.16	726	0.031 1	0.304 7	5.241	0.124 8	171 4	1 859	2 025
(2)	深褐色							(10)	(28)	(5)			
4	浑圆短柱状,	5	434	287	0.22	125	0.183 7	0.399 0	7.593	0.1380	2 164	2 184	2 20 3
(8)	紫褐色							(19)	(131)	(22)			
4	碎片状,深褐色	10	240	248	0.78	51	0.234 4	0.369 7	6.660	0.130 6	2 028	2 067	2 107
(9)								(28)	(318)	(59)			

a) $^{206}Pb/^{204}Pb$ 值已对稀释剂及空白(Pb=0.05ng, U=0.02ng)作了校正,其余比率中的铅同位素均为放射成因铅同位素;括号中的数字为 2σ 绝对误差,如,0.307 4(10) 为 (0.307 4±0.001 0)(2σ). 分析者:地质矿产部天津地质矿产研究所李惠民

苏北-胶东南榴辉岩的峰期变质年龄,或者说是华北与扬子板块于印支期发生碰撞和陆壳俯冲导致的高压变质作用年龄[6]. 但是本文提供的资料以及曹荣龙等(1995)、张泽明等(1993)提供的由不同方法获得的年龄数据,很难支持上述认识. 碧溪岭榴辉岩中石榴子石已较普遍重结晶则提供了不支持上述认识的岩相-矿物学证据. 岩体中由榴辉岩退变质形成的角闪岩中角闪石(214±4.28)Ma～(230.7±4.6)Ma 的 Ar-Ar 年龄(曹荣龙等,1995),则进一步说明榴辉岩相超高压变质作用不太可能发生在210～250Ma,而更可能是代表这些已经历过超高压变质的榴辉岩折返抬升并伴随发生重结晶作用的年龄.

大别山区的构造-岩浆活动和变质、变形历史的研究资料表明,在该区存在晚元古和早古生代两期同造山-晚造山花岗岩[7]. 大别造山带变质杂岩的研究表明至少存在晚元古的构造变质和叠加于晋宁期构造变质旋回之上的加里东期构造变质事件[7],晋宁期的 P-T-t 轨迹具显著减压退变质阶段反映华北与扬子古陆块晋宁期的碰撞和抬升[8],张泽明(1993)对大别山榴辉岩的 P-T-t 轨迹研究证明,该区榴辉岩的超高压-高压变质作用是多期的.

根据上述分析,并结合已有的对大别山特别是碧溪岭榴辉岩的 U-Pb, Sm-Nd 和 Ar-Ar 年代学研究的结果,认为碧溪岭榴辉岩超高压变质作用发生于晋宁期即8～10亿年间,可能是合理的.

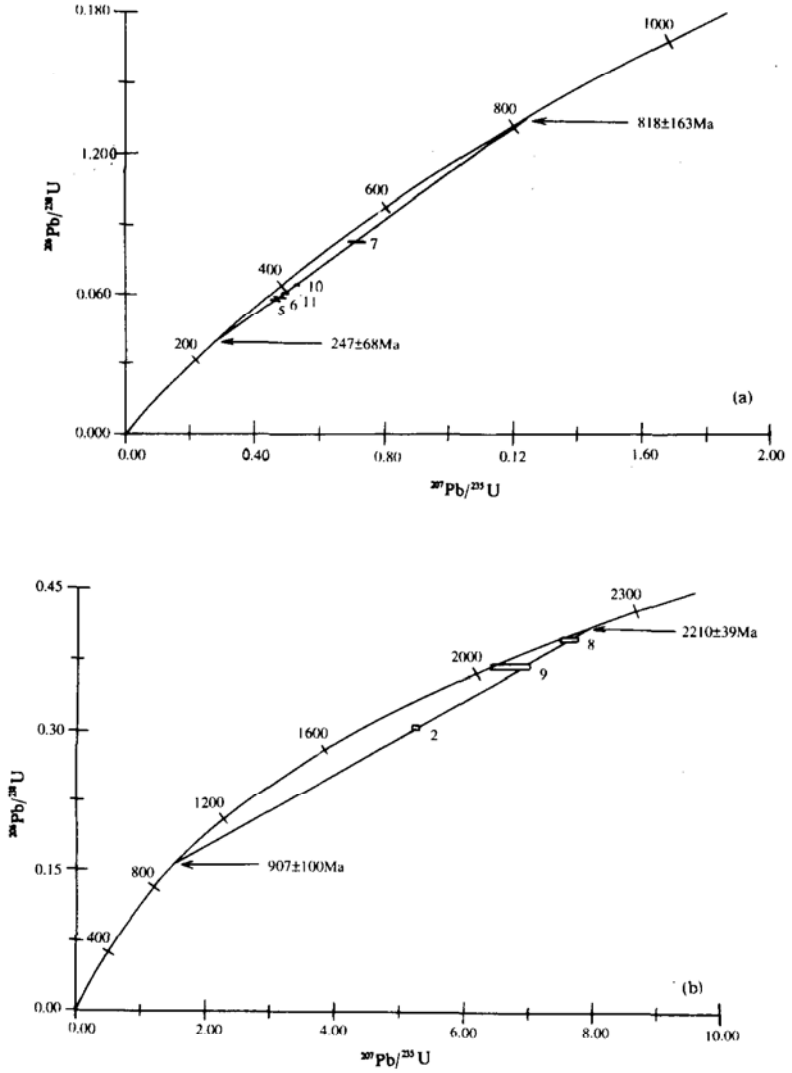


图 2　碧溪岭榴辉岩矿物 U-Pb 等时年龄图

参　考　文　献

1　Wang X, Liu J G, Mao H K. Coesite-bearing eclogite from Dabie Mt in central China. Geology, 1989, 17: 1085～1088

2　Xu S, Okay Al, Ji S S *et al*. Diamonds from Dabie Shan metamorphic rocks and its implication for tectonic setting. Science, 1992, 256: 80～92

3　张　旗，赵大升，刘若新等．碧溪岭－五河地区石榴石橄榄岩－榴辉岩组合的原岩性质．科学通报，1993, 38(18): 1 694～1 697

4　张泽明，杨巍然，韩郁菁等．华中榴辉岩带多期高压超高压变质作用．见：壳幔演化与成岩成矿同位素地球化学．北京：地震出版社，1993

5　李曙光，陈移之，葛宁洁等．青岛榴辉岩及胶南群片麻岩的锆石 U-Pb 年龄．科学通报，1993, 39(17): 1 773～1 777

6　Li S, Xiao Y, Liou D *et al*. Collision of the North China and Yangtse Blocks and formation of coesite-bearing eclogites: timing and processes. Chem Geol, 1993, 109: 89～111

7　桑隆康，张华瑛．大别山寒武纪变质地体中的大别期后花岗岩．见：大别山前寒武纪变质地体岩石学与构造学．武汉：中国地质大学出版社，1993. 92～99

8　游振东、东秦岭－大别造山带根部变质杂岩研究新进展．地学前缘，1994, 1(1～2): 196