

大别山北部磨子潭变质 英云闪长岩内的暗色包体*

李锦轶

(中国地质科学院地质研究所, 北京 100037)

主题词 大别山北部 新元古代英云闪长岩 暗色包体 富碱质基性岩浆岩 早前寒武纪地块

提要 大别山北部磨子潭附近新元古代英云闪长岩内包裹有许多暗色包体, 其中可能保存有该区地壳早期演化的一些信息。对其中三个比较大的包体进行初步研究, 发现它们的组成矿物主要为角闪石和长石, 此外还含有少量绿泥石和不透明铁质矿物。这些包体可能遭受与晓天-磨子潭断裂有关的比较强烈的后变质糜棱岩化, 但没有同变质或后期的脉体。岩石化学分析结果表明, 其 SiO_2 含量为 49.10% ~ 53.27%, TiO_2 为 0.74% ~ 1.32%, Al_2O_3 为 11.80% ~ 15.72%, Na_2O 为 1.39% ~ 3.58%, K_2O 为 4.32% ~ 6.17%, P_2O_5 为 0.82% ~ 1.02%; 稀土元素丰度为 332.85×10^{-6} ~ 440.23×10^{-6} , 配分曲线为没有明显 Eu 异常的右倾型; $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ 比值为 0.511790 ~ 0.512185, $\epsilon_{\text{Nd}}(0)$ 为 -8.9 ~ -17.6; $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 比值为 0.708732 ~ 0.709417, Sm-Nd 亏损地幔模式年龄分别为 1854 Ma、1899 Ma 和 1578 Ma。没有迹象显示岩石经历了交代作用的改造, 使得可以根据上述特征得出如下初步推论: (1) 所研究包体的原岩是形成于前寒武纪陆内拉张背景的富碱质基性岩浆岩; (2) 大别山地壳组成中可能包括了比该岩浆岩更古老的早前寒武纪地质体, 大别变质杂岩曾经是早前寒武纪地块的一部分。

位于中朝和扬子两个古陆之间的大别造山带, 以广泛出露形成于俯冲带深部的超高压变质岩而引起地学界的普遍关注。强烈剥蚀导致地质记录的大量缺失, 以及晚中生代地壳深熔作用对已有地质体的改造, 使得目前对大别山地壳早期历史, 还知之甚少。

大别山及其毗邻地区自北向南被划分为四个构造单元: 北淮阳前石炭纪褶皱带、北大别正片麻岩穹隆、南大别超高压-高压变质体和长江中下游前陆褶皱逆冲带(图1)。其中主要由正片麻岩组成的北大别单元构造属性的确定, 是重建该区古构造格局和追溯早期地质历史的关键, 因而也是争论的焦点。目前对北大别构造属性虽然有不同认识^[1-7], 但是多数学者相信那里曾经发育前震旦纪地质体。因此, 对该区进行研究, 可望获得大别造山带内古老地壳的信息。寻找和研究大别造山带内的古老地质体, 不仅关系到揭示该区地壳的地质组成和形成时代, 而且也涉及到如何认识该区地壳的早期演化历史。该区比较广泛发育的新元古代片麻状英云闪长岩中含有比较多的暗色包体, 对这些包体的原岩及其形成时代进行研究, 是解决这一问题的途径之一。

基于上述认识, 我们近年对大别山北部磨子潭水库附近片麻状英云闪长岩中的部分暗

* 本文得到原地质矿产部 9501102 项目资助。

第一作者简介 李锦轶, 男, 1956年生, 博士, 研究员, 主要从事大陆内部古造山带形成与演化方面的研究。

收稿日期 2000-08-28, 改回日期 2000-09-18

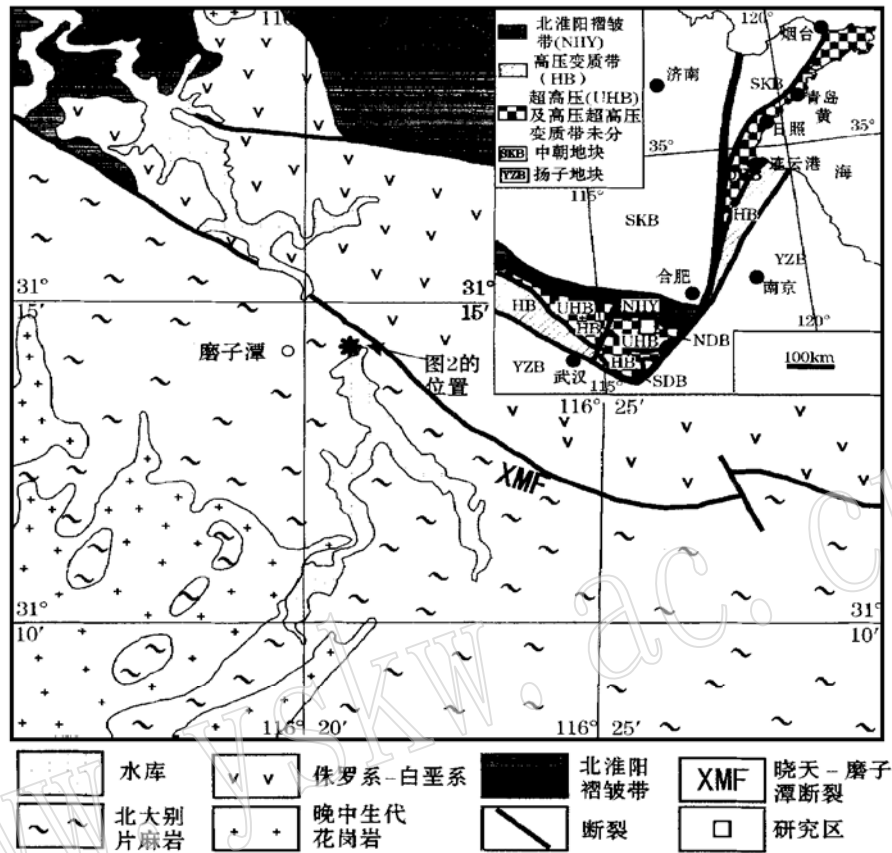


图1 磨子潭附近地质构造简图(右上小图示该区的构造背景及研究区位置)

Fig. 1 Geological sketch map of Mozitan area

NDB—北大别; SDB—南大别

色包体进行了研究, 获得了该区古老地壳形成演化的一些信息。

1 区域地质背景

位于大别山核部的北大别单元主要由高角闪岩相到麻粒岩相的片麻岩、以辉石岩和辉长岩为主的镁铁质-超镁铁质深成岩、以蛇纹石化橄榄岩为主的地幔岩和少量退变质的榴辉岩^[8,9]以及中生代中酸性侵入岩等构成。其中以辉石岩和辉长岩为主的镁铁质-超镁铁质深成岩被认为是三叠纪^[10]或早白垩世^[11]的侵入体; 以蛇纹石化橄榄岩为主的地幔岩被认为是俯冲带上盘的地幔楔^[12]或蛇绿岩^[2]。尽管这些岩石的成因还有待于进一步研究, 但是它们却难以提供大别变质地体古老地壳的有用信息。

Hacker 等根据锆石的年代学研究, 认为北大别的片麻岩是在早白垩世期间最后形成的, 其中仅保存新元古代热事件的年代学信息, 前白垩纪地质历史已经不能恢复^[6]。不过中国地质工作者的研究, 发现这些片麻岩包括了副片麻岩和正片麻岩两种类型, 其中还保存有早前寒武纪的地质信息。例如, You 等从红安以北片麻岩中残存的麻粒岩中获得了

2.8 Ga 锆石 U-Pb 年龄^[13], 周存亭等汇总的来自大别变质岩的锆石 U-Pb 年龄介于 1.15~3.12 Ga^[14]。由于不清楚这些锆石是古老的碎屑锆石、同岩浆结晶锆石还是变质锆石, 所以它们的地质意义, 目前还难以确定。副片麻岩大部分经历了高压或超高压变质作用, 其原岩形成时代目前还不清楚; 正片麻岩的原岩主要是形成于新元古代的中酸性侵入岩, 其中都含有数量不等的包体(捕虏体和残留体)。

2 暗色变质岩包体的基本特征

磨子潭水库附近的新元古代英云闪长岩, 近年才从原早前寒武纪变质岩中分出。目前从大别山北部类似岩体中获得的同位素年代学资料表明, 这些英云闪长岩形成于 600~700 Ma 前后^[14], 并且受到了晚中生代热事件的叠加改造。

所研究的三个暗色包体位于磨子潭水库西北泄洪闸西侧、霍山至岳西公路旁, 形状不规则, 长约 3~5 m, 最宽约 1 m, 弱片状麻构造, 其长轴方向与英云片麻岩主岩的片麻理基本一致(图 1, 图 2)。除了所研究的包体外, 该片麻岩岩体中还含有许多比较小的定向排列的暗色岩包体, 其排列方向也与该岩体的片麻理一致。这样的产状表明, 它们很可能都是古老地壳的残留体。

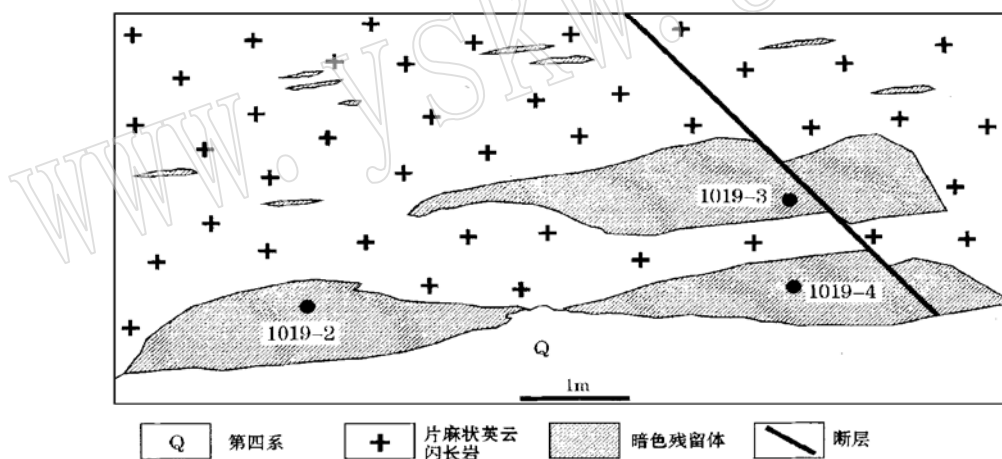


图 2 磨子潭英云闪长岩内暗色包体产出位置

Fig. 2 Locality of dark inclusions in Mozitan tonalite

(图中黑点及其旁侧的数字示意本项研究的包体编号和分析样品的采集位置)

2.1 岩石学特征

如图 2 所示, 所研究的三个暗色包体依次编号为 1019-2、1019-3、1019-4。

包体 1019-2 为灰绿色, 细晶变晶结构, 后期糜棱岩化强烈, 主期变质矿物角闪石和长石均呈残晶, 波状消光, 并且为重结晶的角闪石和长石微晶所包围; 局部在角闪石残晶周围有少量重结晶的黑云母。岩石显微劈理发育, 但未见后期的脉体。

包体 1019-3 为灰黑色, 中晶变晶结构, 变质矿物组合主要为角闪石(35%)、长石(50%)、绿泥石(10%)和黑色不透明矿物(5%~10%), 后期重结晶和糜棱岩化作用都不明

显。

包体 1019-4 与包体 1019-3 基本相同, 差别只在于其暗色矿物含量大于浅色矿物, 基本不含不透明矿物, 显微劈理比较发育。

上述变质矿物组合表明, 这些包体经历了比较复杂的变质变形作用, 其主变质作用大体相当于角闪岩相。

所研究的三个包体都发育由角闪石和长石等排列构成的 S-C 组构, 指示了与晓天-磨子潭断裂晚期活动一致的左行剪切运动。由此推测, 这些包体所遭受的角闪岩相变质作用, 有可能发生在晚中生代大别山热穹隆形成演化期间。

2.2 岩石化学特征

主元素: 三个样品的岩石化学分析结果如表 1 所示。它们的 SiO_2 含量与基性岩浆岩比较接近, P_2O_5 和 K_2O 的含量比较高, Al_2O_3 和 MgO 的含量变化比较大, TiO_2 的含量比较低,

表 1 磨子潭英云闪长岩中暗色包体岩石化学成分特征
Table 1 Petrochemical compositions of dark inclusions in Mozitan tonalite

样品编号	$w_B/\%$														合计	La	Ce	Pr
	SiO_2	TiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	FeO	MnO	MgO	CaO	Na_2O	K_2O	P_2O_5	CO_2	H_2O^*					
1019-2	53.27	1.09	14.33	2.60	5.12	0.12	6.49	6.07	3.58	4.69	0.86	0.37	1.08	99.67	97.86	159.50	18.75	
1019-3	49.10	1.32	15.72	3.98	6.43	0.17	4.92	6.66	3.03	4.32	1.02	0.55	2.10	99.32	105.30	170.10	19.72	
1019-4	53.01	0.74	11.80	2.08	4.72	0.13	9.40	6.63	1.39	6.17	0.82	0.74	1.70	99.33	77.14	123.00	14.49	

样品编号	$w_B/10^{-6}$														Zr	Nb	Cr
	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Y	Sc				
1019-2	65.66	12.58	3.28	11.19	1.07	6.04	1.17	3.13	0.40	2.25	0.35	31.12	17.72	305	13	142	
1019-3	71.25	12.92	3.26	12.58	0.91	5.93	1.26	3.18	0.35	2.33	0.30	30.84	16.90	296	14	< 5	
1019-4	51.59	10.87	2.76	12.28	0.95	5.74	0.97	2.50	0.30	1.74	0.25	28.27	14.84	242	9	445	

注: 国家地质实验测试中心于 1996 年分析。主元素采用 XRF 法分析, 稀土元素和微量元素采用等离子光谱法分析。

K_2O 的含量均大于 Na_2O 的含量。

稀土及微量元素: 三个样品的稀土元素总量为 $332.85 \times 10^{-6} \sim 440.23 \times 10^{-6}$, 其中尤以轻稀土元素更为富集(表 1)。三个样品的稀土元素配分曲线基本一致(图 3), 配分型式为明显的右倾型, Eu 异常不明显。微量元素 Cr 变化大, Nb 和 Zr 丰度略微偏高(表 1)。

Nd 和 Sr 同位素: 如表 2 和表 3 所示, 三个样品的 $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ 比值为 0.511790~0.512185, $\epsilon\text{Nd}(0)$ 为 -8.9~-16.6, $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 比值为 0.708732~0.709579。

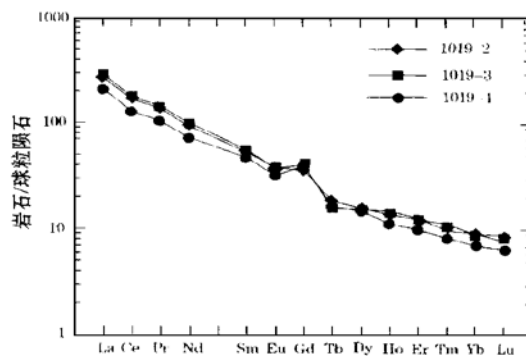


图 3 暗色包体的稀土元素配分曲线
Fig. 3 Chondrite normalized REE patterns of dark inclusions

2.3 原岩形成时代

产出状态表明, 这些残留变质岩的原岩形成时代无疑要早于包裹它们的英云闪长岩, 亦即是在 700 Ma 以前, 是大别山古老地质记录的一部分。由于目前已有的定年方法很难确定这些基性岩石形成于何时, 所以我们尝试测定其 Sm-Nd 亏损地幔模式年龄, 以期对其形成时代的下限加以限定。测试工作在国土资源部同位素地质开放实验室由张宗清等完成, 三个样品的测试结果分别为 1854 Ma、1899 Ma 和 1578 Ma(表 3), 表明这些包体原岩形成时代的下限可能约为 1.9 Ga。

表 2 磨子潭英云闪长岩中暗色包体的 Rb-Sr 同位素特征

Table 2 Rb-Sr isotopic characteristics of dark inclusions in Mozitan tonalite

样品号	Rb/10 ⁻⁶	Sr/10 ⁻⁶	⁸⁷ Rb/ ⁸⁶ Sr	⁸⁷ Sr/ ⁸⁶ Sr	±2σ
1019-2	0.01444	0.08699	0.4807	0.709417	12
1019-3	0.72470	0.00116	0.1815	0.709579	14
1019-4	0.01175	0.08727	0.3899	0.708732	8

表 3 磨子潭英云闪长岩中暗色包体的 Sm-Nd 同位素特征及模式年龄

Table 3 Sm-Nd isotopic characteristics and model age of dark inclusions in Mozitan tonalite

样品编号	Sm/10 ⁻⁶	Nd/10 ⁻⁶	¹⁴⁷ Sm/ ¹⁴⁴ Nd	¹⁴³ Nd/ ¹⁴⁴ Nd	±2σ	T _{DM} /Ma	εNd(0)
1019-2	12.292	68.625	0.1083	0.511864	7	1854	-15.1
1019-3	13.210	76.150	0.1049	0.511790	9	1899	-16.6
1019-4	10.834	54.300	0.1207	0.512185	8	1578	-8.9

3 讨论与结论

3.1 暗色包体的原岩特征及其性质

上述特征表明, 尽管所研究的包体主变质作用可能发生在岩体侵位以后并经历了多期构造热事件的改造, 但是记录包体物质成分发生明显迁移的脉体不发育, 以及野外宏观上可以见到包体与其寄主岩体的截然边界, 使得基本可以假设它们的地质演变是在等化学条件下发生的。这样, 我们就可以根据包体的现今成分, 大致推断其原岩特征。

由主元素氧化物含量和稀土元素特征, 可以大致恢复其原岩相当于富碱质的基性岩浆岩(表 1 和图 4)。其没有明显铈异常和右倾轻稀土元素富集的配分型式, 表明它们没有经历比较强烈的岩浆结晶分异作用或元素的分馏作用, 不同于洋脊玄武岩和辉长岩, 因而它们不可能是蛇绿岩中基性岩浆岩组分。尽管三个样品的主元素特征略有不同, 但是它们基本相同的稀土元素丰度和配分型式, 揭示出它们很可能具有相同的成因。

一般说来, 碱性岩浆岩或者形成于大陆内部裂解或伸展构造背景, 或者形成于洋岛岩浆活动。所研究的磨子潭附近英云闪长岩内暗色包体的岩石化学特征, 如相对高的 K₂O 和 P₂O₅ 的含量以及 Nd 和 Sr 同位素特征, 表明它们的原岩很可能是形成于陆内的富碱质基性岩浆岩。由于陆内的富碱质基性岩浆岩或者形成于热点(地幔柱), 或者形成于大陆裂解的大陆裂谷内, 换句话说, 这类岩浆活动一般发育在比较成熟的大陆内部。所以, 我们可以初步推测, 在这些包体的原岩形成时, 它们所在地区已经发育了比较成熟的大陆地壳。由此进

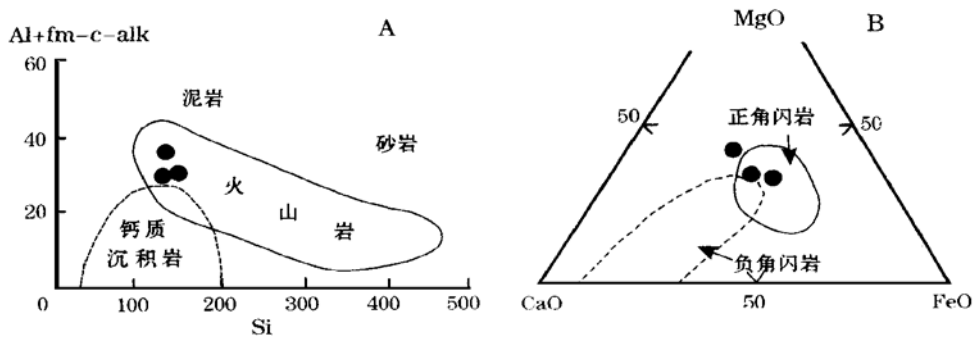


图4 暗色包体的原岩判别图解

Fig. 4 Discrimination of protolith of dark inclusions

一步推测,北大别地壳组成中可能有比这些包体更古老地质时期形成的地壳。

3.2 关于大别山地壳早期演化历史

所研究包体的 Sm-Nd 亏损地幔模式年龄,与前人报道的麻城附近斜长角闪岩 1.8 Ga 的 Sm-Nd 全岩年龄^[14]、毛屋和碧溪岭榴辉岩 1.83~2.52 Ga 和 1.96~3.85 Ga 的 Sm-Nd 模式年龄^[15,16] 基本相同,这可能代表着大别造山带前身早期地壳演化历史上的地壳增生事件。近年来,文献中又陆续发表了大别山燕山期花岗岩的一批 Sm-Nd 亏损地幔模式年龄^[17~20],不同学者不同时期对不同岩体的研究结果,均获得了比较一致的 1.8~2.2 Ga 和 2.4~2.6 Ga 两组年龄值,并且其 $\epsilon Nd(t)$ 值和 $\epsilon Nd(0)$ 值基本相同。综合这些资料,我们可以得出如下初步结论:大别变质地体可能包括古元古代或晚太古代形成的地壳,其中晚太古代可能是该区古老陆壳形成时期,古元古代可能是该陆壳裂解增生时期。本项研究包体偏高的 $^{143}Nd/^{144}Nd$ 比值和 $^{87}Sr/^{86}Sr$ 比值,以及 $\epsilon Nd(0)$ 小于零,可能反映了其物质来源于地幔但受到了地壳物质的强烈混染。

3.3 关于大陆地壳的演化

磨子潭附近新元古代英云闪长岩内古老基性岩浆岩包体的存在,以及从北大别同类型岩体中获得的新元古代和早白垩世年代学信息^[6,14],揭示出北大别或者说大别变质地体是遭受了多次强烈构造热事件改造的古老地块,目前所见该区出露地表的地质体,主要是在白垩纪最后形成的。在这些相对年轻的地质体中存在着古老陆壳的信息,说明大陆岩石圈也在一刻不停地进行着物质循环,除了剥蚀作用之外,深部的变质作用和深熔作用可以把古老的地质体逐渐改造成相对年轻的地质体。

致谢:本项研究以安徽省地质矿产局 1:20 万区域地质调查资料为基础,野外工作期间得到了杨天南和董树文等的大力帮助,在此一并致以衷心的感谢。

参 考 文 献

- 1 Okay A I, Sengor A M C. Evidence for intra-continental thrust-related exhumation of the ultrahigh-pressure rocks in China. *Geology*, 1992, 20: 411~ 414.
- 2 徐树桐, 江来利, 刘贻灿, 等. 大别山区(安徽部分)的构造格局和演化过程. *地质学报*, 1992, 66(1): 1~ 14.
- 3 Cong B, Wang Q, Zhai M, *et al.* Ultrahigh-pressure metamorphic rocks in the Dabie- Su- Lu region, China: their formation and exhumation. *Island Arc*, 1994, 3: 135~ 150.
- 4 Maruyama S, Liou J G, Zhang R Y. Tectonic evolution of the ultrahigh-pressure(UHP) and high-pressure(HP) metamorphic belts from central China. *Island Arc*, 1994, 3: 112~ 121.
- 5 Hacker B R, Ratschbacher L, Webb L, *et al.* What brought then up? Exhumation of the Dabie Shan ultrahigh-pressure rocks. *Geology*, 1995, 23: 743~ 746.
- 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. *Earth and Planetary Science Letters*, 1998, 161: 215~ 230.
- 7 Zhang R Y, Liu J G, Tsai C H. Petrogenesis of a high-temperature metamorphic terrane: a new tectonic interpretation for the north Dabieshan, central China. *J. Metamorphic Geol.*, 1996, 14: 319~ 333.
- 8 魏春景, 单振刚, 张立飞. 北大别榴辉岩的确定及其地质意义. *科学通报*, 1997, 42(17): 1832~ 1835.
- 9 徐树桐, 苏文, 刘贻灿. 大别山北部榴辉岩的发现及其岩相学特征. *科学通报*, 1999, 44(13): 1452~ 1456.
- 10 李曙光, Hart S R, 郑双根. 中国华北、华南陆块碰撞时代的钐- 铈同位素年龄证据. *中国科学*, 1989, (3): 312~ 319.
- 11 葛宁洁, 侯振辉, 李惠民, 等. 大别造山带岳西沙村镁铁- 超镁铁岩体的锆石 U- Pb 年龄. *科学通报*, 1999, 44(19): 2110~ 2114.
- 12 张旗, 马宝林, 刘若新, 等. 一个消减带之上的大陆岩石圈地幔残片——安徽饶钼寨超镁铁岩的地球化学特征. *中国科学(B辑)*, 1995, 25(8): 867~ 823.
- 13 You Z D, Han Y J, Yang W R, *et al.* eds. The high- pressure metamorphic belt in the east Qinling and Dabie Mountains, China. Wuhan: China University of Geosciences Press, 1996.
- 14 周存亭, 汤加富, 高天山, 等. 大别山地区片麻岩套的建立与成岩时代讨论. *安徽地质*, 1995, 5(3): 29~ 40.
- 15 Chavagnac V, Jahn B- M. Coesite-bearing eclogites from the Bixiling Complex, Dabie Mountains, China: Sm- Nd ages, geochemical characteristics and tectonic implications. *Chemical Geology*, 1996, 133: 29~ 51.
- 16 Jahn B- M. Geochemical and isotopic characteristics of UHP eclogites and ultramafic rocks of the Dabie orogen: implications for continental subduction and collisional tectonics. In: Hacker B R, Liou J G, eds. *When Continents Collide: geodynamics and geochemistry of ultrahigh-pressure rocks*. Dordrecht, Boston, London: Kluwer Academic Publishers, 1998, 203~ 239.
- 17 谢智, 陈江峰, 周泰禧, 等. 大别造山带变质岩和花岗岩的钐同位素组成及其地质意义. *岩石学报*, 1996, 12(3): 401~ 408.
- 18 周泰禧, 陈江峰, 张巽. 北淮阳花岗岩- 正长岩带地球化学研究及其大地构造意义. *地质论评*, 1995, 4(2): 144~ 151.
- 19 王强, 王人镜, 邱家骧, 等. 大别山核部九资河花岗岩体成因. *地球科学*, 2000, 29(3): 120~ 131.
- 20 魏春景, 张立飞, 王士洸. 安徽省大别山东段中生代高钾花岗质岩石及其地质意义. *中国科学(D辑)*, 2000, 30(4): 355~ 363.
- 21 Simonen A. Stratigraphy and sedimentation of the Svecofennidic, early Archean supracrustal rocks in Southwestern Finland. *Bull. Comm. Geol. Finland*, 1953, 160: 1~ 64.
- 22 Walker K B, Joplin G A, Lovering J F, *et al.* Metamorphic and metasomatic convergence of basic igneous rocks and lime- magnesia sediments of the Precambrian of north western Queensland. *Geol. Soc. Australia*, 1960, 6: 149~ 178.

Dark Inclusions in Mozitan Meta_Tonalite Pluton of Northern Dabie Mountain, Central China

Li Jinyi

(Institute of Geology, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037)

Key words: northern Dabie Mountain; Neoproterozoic tonalite pluton; dark inclusion; alkaline_rich basic magmatic rocks; Early Precambrian massif

Abstract

There are abundant dark inclusions in the Neoproterozoic tonalite pluton near Mozitan town, northern Dabie Mountain, which probably contain some information on the early evolution of the crust in this area. Preliminary studies of three inclusions have revealed amphibole facies of the main stage of metamorphism with constituent minerals of feldspars, amphiboles, chlorites and opaque minerals. These inclusions underwent relatively intense mylonitization of post_metamorphism, probably associated with activities of Xiaotian– Mozitan faulted zone. No veins of syn_or post_metamorphism exist within and around the inclusions. Chemical analysis of three inclusion samples shows that major elements are characterized by SiO₂ content of 49.10% ~ 53.27%, TiO₂ of 0.74% ~ 1.32%, Al₂O₃ of 11.80% ~ 15.72%, Na₂O of 1.39% ~ 3.58%, K₂O of 4.32% ~ 6.17%, P₂O₅ of 0.82% ~ 1.02% and REE abundance of 332.85×10^{-6} ~ 440.23×10^{-6} , with obvious enrichment of LREE and no evident Eu anomaly for right_dipping REE patterns. Their ¹⁴³Nd/¹⁴⁴Nd ratios are 0.511790~ 0.512185, εNd(0) are equal to - 8.9~ - 17.6 and ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr are 0.708732~ 0.709417. Sm– Nd dating for these samples yields depleted mantle model ages of 1854 Ma, 1899 Ma and 1578 Ma. No evidence of metasomatism in these inclusions can reach the following deductions on the basis of above data: (1) primary protoliths of these inclusions may be alkaline_rich basic magmatic rocks which were probably formed in the extensional tectonic setting within continents, (2) Precambrian bodies much older than the rocks may exist in Dabie Mountain, and Dabie metamorphic complexes were possibly part of the early Precambrian block.