

# 大别山北部超高压变质大理岩 及其地质意义

刘贻灿, 徐树桐, 江来利, 吴维平, 陈冠宝

(安徽省地质研究所, 安徽 合肥 230001)

**摘要:** 岩石学研究表明, 大别山北部镁铁-超镁铁质岩带中白云质大理岩至少经历过三期变质阶段: (1) 榴辉岩相峰期变质阶段, 矿物组合主要为方解石+白云石+金红石+镁橄榄石+铁-斜硅镁石+富镁的钛铁矿+文石+石榴子石; (2) 麻粒岩相退变质阶段, 矿物组合主要为方解石+白云石+金云母+镁橄榄石+透辉石+钛铁矿+尖晶石+斜方辉石等; (3) 角闪岩相退变质阶段, 主要矿物组合为方解石+白云石+磷灰石+磁铁矿+榍石等。它的峰期变质矿物组合, 类似于苏-鲁超高压大理岩, 形成压力至少大于 2.5 GPa。这进一步证明, 大别山北部大多数高级变质岩(包括大理岩等)都经过超高压变质作用, 应属于印支期扬子俯冲陆壳的一部分。

**关键词:** 大理岩; 超高压变质; 镁铁-超镁铁质岩带; 大别山北部

中图分类号: P588.31<sup>+</sup>3 文献标识码: A 文章编号: 1007-2802(2001)02-0088-05

已有多次报道<sup>[1-3]</sup>过产于陆-陆碰撞带中的各类硅质和钙质超高压( $p > 2.5$  GPa)<sup>[4]</sup>岩石, 这些超高压变质的陆壳岩石也许是硅、碱元素和 CO<sub>2</sub> 等的携带者, 它们是陆壳岩石的深俯冲及壳-幔相互作用的化学地球动力学研究对象。尤其是超高压变质大理岩的研究为超高压条件下形成的硅质大理岩的相平衡及流体成分提供了重要信息<sup>[4]</sup>, 也是表壳岩石深俯冲的重要证据。

到目前为止, 大别山-苏鲁造山带中超高压变质大理岩仅发现于大别山南部超高压榴辉岩带<sup>[5]</sup>及苏-鲁超高压变质带的荣城地区<sup>[1]</sup>, 而大别山北部镁铁-超镁铁质岩带未见有关报导。近几年来, 作者等在大别山北部镁铁-超镁铁质岩带中发现有两种类型的榴辉岩<sup>[6,7]</sup>并对其变质岩石学和同位素地球化学进行了研究<sup>[8-11]</sup>, 认为它们大多数属于扬子俯冲陆壳的一部分并经过了印支期超高压变质作用。本文首次报导了大别山北部超高压变质大理岩, 并将其与大别山南部及苏-鲁的荣城地区超高压大理岩的岩石学特征进行了比较, 分析了其所经历的变质阶段及变质矿物组合特征。

## 1 地质背景

大别山有世界上分布范围最大、出露最好、超高压矿物和岩石组合齐全的超高压变质带, 出露有扬子与华北大陆板块俯冲、碰撞有关的不同构造岩石单位<sup>[12,13]</sup>(图1), 从南到北依次为: (1) 前陆带; (2) 扬子大陆板块俯冲盖层(宿松群和张八岭群); (3) 扬子大陆板块俯冲基底(大别杂岩); (4) 超高压变质带(榴辉岩带); (5) 镁铁-超镁铁质岩带或北部杂岩带<sup>[8]</sup>; (6) 变质复理石等。榴辉岩相超高压变质岩主要呈面状分布于大别山南部(大致沿潜山县龙井关-水吼-岳西县五河一线以南), 向北则为镁铁-超镁铁质岩带或北部杂岩带(以下称北部)。由于北部杂岩带中发现了一些榴辉岩<sup>[6-8,14]</sup>或榴辉岩相岩石<sup>[15,16]</sup>, 使一些地质学家对大别山构造格局和演化过程等进行重新认识<sup>[15]</sup>。

大别山北部镁铁-超镁铁质岩带或北部杂岩带中主要岩石类型有英云闪长质片麻岩、(花岗)闪长质片麻岩及二长花岗质片麻岩和少量的方辉橄榄岩、纯橄岩、石榴辉石岩、石榴二辉麻粒岩、紫苏磁铁

收稿日期: 2001-01-03, 03-12 改回

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(49794041 和 40072070) 和安徽省地矿局资助项目

第一作者简介: 刘贻灿(1962—), 男, 博士, 教授级高工, 从事地球化学、构造地质学研究。

石英岩、含石榴子石斜长角闪岩、含镁橄榄石和钛斜硅镁石大理岩等, 未变质岩石类型主要有辉石岩、辉长岩、花岗岩类等。其中, 含石榴子石斜长角闪岩及石榴辉石岩或石榴二辉麻粒岩等, 大多数应为早期榴辉岩退变而来<sup>[8, 17]</sup>。该带变质变形强烈, 以角闪岩相区域变质作用为主, 局部出现榴辉岩相和麻粒岩相组合。

本区大理岩仅零星出露, 目前主要发现于金寨

县燕子河、岳西县黄尾河、潜山县官庄及桐城县塘湾等地(图1), 大致位于磨子潭—晓天断裂以南榴辉岩地区。它们大多数产于经过了麻粒岩相变质的条带状英云闪长质片麻岩<sup>[8]</sup>中(至于该片麻岩是否经历过更高级的变质作用如榴辉岩相, 目前还没有岩石学方面的证据; 但是, 它们的峰期变质时代类似于研究区榴辉岩的峰期变质时代, 均为印支期<sup>[9]</sup>), 部分与榴辉岩或退变质榴辉岩相伴生<sup>[8, 17]</sup>。

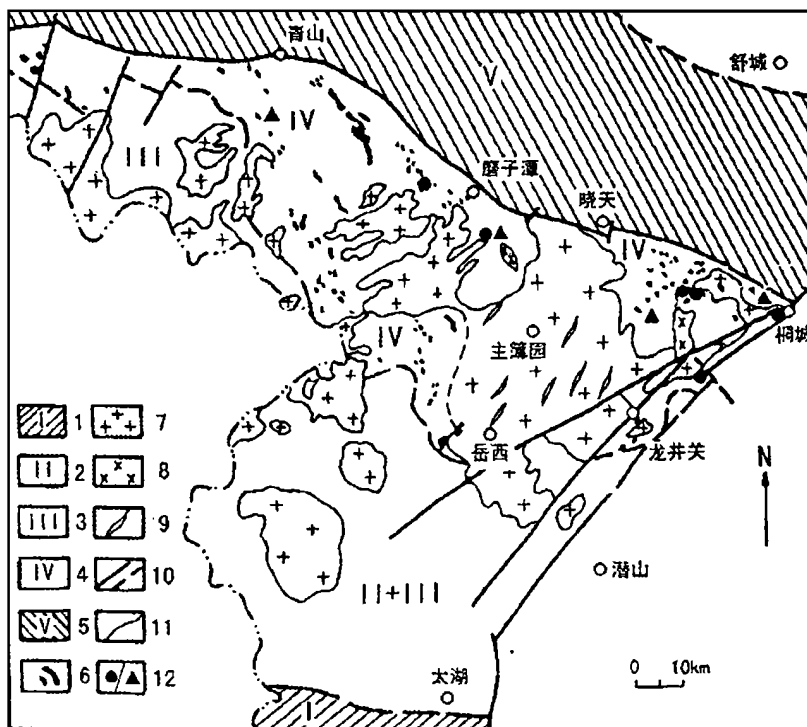


图1 大别山(安徽部分)地质简图

Fig. 1 Schematic geological map of the Dabieshan orogen

1. 扬子板块俯冲盖层(宿松杂岩); 2. 超高压变质带; 3. 扬子板块俯冲基底(大别杂岩); 4. 镁铁-超镁铁质岩带或北部杂岩带; 5. 变质复理石推覆体; 6. 镁铁-超镁铁质岩; 7. 花岗岩; 8. 辉长岩; 9. 正长岩脉; 10. 断层; 11. 地质界线; 12. 新发现的榴辉岩产地及大理岩产出位置

## 2 岩石学特征

本区大理岩主要属于白云质大理岩, 常伴生有退变质的榴辉岩(如燕子河<sup>[8]</sup>等地)。它们大多数可能是由不纯的泥灰岩变质形成的。但是, 其中是否混有由超基性岩经深俯冲(至地幔深度)发生碳酸岩交代作用形成的(因该大理岩含有较多镁橄榄石和常伴有蛇纹石化), 还有待进一步研究。大理岩的主要矿物组合有方解石、白云石、镁橄榄石、金云母、钛

-斜硅镁石, 以及少量金红石、文石、石榴子石、富镁的钛铁矿、蛇纹石、透辉石、斜方辉石、尖晶石、磷灰石等。其中, 透辉石常以包裹体形式产于镁橄榄石中(图版 ivc, d); 磷灰石、榍石常以包裹体形式产于方解石中或在基质中与方解石等平衡共生(图版 iv d, e), 部分榍石是由钛铁矿或金红石退变而来。根据岩石结构和矿物之间的相互关系(图版 iv), 大致可划分出三期变质矿物共生组合: (1) 榴辉岩相峰期变质阶段, 以石榴子石和方解石或白云石中的矿物

包裹体为代表, 部分方解石与镁橄榄石等呈包裹体形式产于白云石中, 可能指示该方解石为早期文石退变而来<sup>[8]</sup>, 其组合主要为方解石+ 白云石+ 金红石+ 镁橄榄石+ 钛-斜硅镁石+ 富镁的钛铁矿±文石±石榴子石; (2) 麻粒岩相退变质阶段, 以金云母、钛铁矿、透辉石、斜方辉石、尖晶石等矿物为代表, 主要变质矿物反应如下:  $\text{Dol} + \text{Qtz} \rightarrow \text{Cc} + \text{En} + \text{CO}_2$ 、 $\text{Dol} + 2\text{Qtz} \rightarrow \text{Di} + 2\text{CO}_2$ 、 $\text{Fo} + \text{Qtz} \rightarrow 2\text{En}$  及  $\text{Ru} \rightarrow \text{Ilm}$ , 其组合主要为方解石+ 白云石+ 金云母+ 镁橄榄石+ 透辉石+ 钛铁矿+ 尖晶石±斜方辉石等; (3) 角闪岩相退变质阶段, 主要矿物组合为方解石+ 白云石+ 磷灰石+ 磁铁矿+ 榍石等。

3 矿物化学特征

大理岩中部分矿物的电子探针分析见表 1。  
富镁的钛铁矿很少有报导。目前, 大别-苏鲁造

山带仅发现于荣成地区超高压大理岩中<sup>[1]</sup>。本区大理岩中富镁的钛铁矿贫 MnO (< 0.2%), 呈包裹体形式存在于尖晶石中(图 2f), 成分位于普通钛铁矿与钛铁矿(geikielite)之间(表 1, 样号为 96414-2)。一般钛铁矿(表 1, 样号为 96414-1)主要呈金红石的退变边(图 2e), 相对于富镁的钛铁矿来说, 铁含量高, 镁含量低。

镁橄榄石的  $X_{\text{Mg}}$  为 0.95% ~ 1.00%、MnO 含量在 0.13% 以下; 钛-斜硅镁石在薄片呈金黄色和以包裹体形式存在于方解石或白云石中(图 2b、c), 呈自形一半自形的粒状, 一般大小为 0.3 μm 左右, TiO<sub>2</sub> 含量为 2% ~ 3% (表 1), 类似于大别山南部超高压榴辉岩带中超高压变质的石榴辉石岩或石榴橄榄岩中的钛-斜硅镁石(TiO<sub>2</sub> = 1.33% ~ 4.75%)<sup>[5, 18]</sup> 以及苏-鲁超高压变质带的荣成地区超高压变质大理岩中的钛-斜硅镁石(TiO<sub>2</sub> = 2.5% ~ 3.2%)<sup>[11]</sup>。

表 1 大别山北部大理岩中部分矿物电子探针分析(%)  
Table 1 Electron probe analyses (%) of minerals from marble in northern Dabie Mountains

| 矿物<br>样号                       | 钛斜硅镁石   |         | 镁橄榄石    |         | 方解石     | 白云石     | 金云母     |         | 金红石     | 钛铁矿     |         |
|--------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
|                                | 98105-1 | 98105-2 | 98704-1 | 98704-8 | 98704-6 | 98704-4 | 98704-3 | 98704-7 | 96414-2 | 96414-1 | 96414-2 |
| SiO <sub>2</sub>               | 37.58   | 38.08   | 42.04   | 42.01   | 0.00    | 0.00    | 39.60   | 37.74   | 0.18    | 0.19    | 0.27    |
| TiO <sub>2</sub>               | 1.96    | 2.74    | 0.00    | 0.01    | 0.00    | 0.02    | 0.53    | 0.17    | 98.75   | 57.59   | 61.07   |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 0.00    | 0.00    | 0.04    | 0.01    | 0.01    | 0.02    | 15.47   | 16.51   | 0.10    | 0.11    | 0.14    |
| FeO*                           | 2.00    | 2.02    | 1.22    | 1.22    | 0.06    | 0.10    | 0.22    | 0.31    | 0.10    | 30.47   | 15.41   |
| MnO                            | 0.13    | 0.00    | 0.00    | 0.04    | 0.04    | 0.00    | 0.00    | 0.02    | 0.00    | 0.19    | 0.12    |
| MgO                            | 53.27   | 52.62   | 56.15   | 57.25   | 2.30    | 21.99   | 25.38   | 28.04   | 0.18    | 10.55   | 21.16   |
| CaO                            | 0.16    | 0.22    | 0.05    | 0.01    | 53.96   | 33.78   | 0.19    | 0.01    | 0.24    | 0.17    | 0.17    |
| Na <sub>2</sub> O              | 0.22    | 0.07    | 0.02    | 0.02    | 0.01    | 0.01    | 0.41    | 0.24    | 0.07    | 0.47    | 0.38    |
| K <sub>2</sub> O               | 0.03    | 0.00    | 0.00    | 0.02    | 0.02    | 0.00    | 9.11    | 7.74    | 0.00    | 0.06    | 0.00    |
| Total                          | 95.35   | 95.75   | 99.50   | 100.2   | 56.40   | 55.93   | 90.91   | 90.78   | 100.02  | 99.80   | 98.72   |

注: FeO\* 为全铁, 96414-1 为金红石的退变边, 96414-2 呈包裹体形式存在于尖晶石中(为富镁的钛铁矿)

4 峰期变质条件

本区大理岩中常含有含钛-斜硅镁石、镁橄榄石和文石等矿物组合(表 1、图 2), 类似于哈萨克斯坦不含金刚石的白云石大理岩, 其形成温度、压力最小为 800℃和 2.5 GPa<sup>[19]</sup>。

钛-斜硅镁石曾被当作一个低压矿物, 但 A. S. Thompson<sup>[20]</sup> 认为它是一个地幔深度的高密度的含水硅酸盐矿物。钛-斜硅镁石的温压实验<sup>[21]</sup> 也表明, 它在大于 100 km 深度仍稳定。钛-斜硅镁石以

前仅发现于大别山南部超高压带中太湖毛屋的石榴辉石岩及岳西碧溪岭的石榴橄榄岩中<sup>[5, 18]</sup>。太湖毛屋含钛-斜硅镁石的石榴辉石岩的温压条件约为 740℃和 4.0 GPa<sup>[5]</sup> 以上, 由此表明大别山南部镁铁-超镁铁岩曾俯冲到大于 100 km 的地幔深度。

另外, 本区大理岩中峰期变质组合为方解石+ 白云石+ 金红石+ 镁橄榄石+ 钛-斜硅镁石+ 富镁的钛铁矿±文石±石榴子石等, 类似于苏-鲁超高压大理岩, 形成压力为 2.5~ 3.5 GPa<sup>[1]</sup>。

综上所述, 本区大理岩峰期变质压力至少应大

于 2.5 GPa, 温度可能为 800 °C 左右。

## 5 地质意义

大别山北部镁铁-超镁铁质岩带中大理岩, 至少可划分出三期变质矿物共生组合: (1) 榴辉岩相峰期变质阶段, 矿物组合主要为方解石+白云石+金红石+镁橄榄石+钛-斜硅镁石+富镁的钛铁矿±文石±石榴子石; (2) 麻粒岩相退变质阶段, 矿物组合主要为方解石+白云石+金云母+镁橄榄石+透辉石+钛铁矿+尖晶石±斜方辉石等; (3) 角闪岩相退变质阶段, 主要矿物组合为方解石+白云石+磷灰石+磁铁矿+榍石等。它的峰期变质矿物组合(方解石+白云石+金红石+镁橄榄石+钛-斜硅镁石+富镁的钛铁矿±文石±石榴子石等), 类似于苏鲁超高压大理岩, 应形成于超高压条件下, 压力至少大于 2.5 GPa。这进一步证明。大别山北部大多数高级变质岩(包括表壳岩如大理岩等)都曾经过超高压变质作用, 应属于印支期<sup>[9-11]</sup>扬子俯冲陆壳的一部分。这与本区榴辉岩的研究成果<sup>[6-11, 15, 16]</sup>相一致。

致谢: 文中电子探针分析由意大利都灵大学矿物与岩石学系 Franco Rolfo 博士帮助完成, 在此表示感谢!

## 参考文献:

- [1] Chopin C, Henry C, Michard A. Geology and petrology of the coesite-bearing terrain, Dora Maira massif, Western Alps. *Eur J. J. Mineral.*, 1991, 3: 263–291.
- [2] Becker H, Altherr R. Evidence from ultrahigh pressure marbles for recycling of sediments into the mantle [J]. *Nature*, 1992, 358: 745–748.
- [3] Biino G G, Compagnoni R. Very-high pressure metamorphism of the Brossasco coronite metagranite, southern Dora Maira Massif, Western Alps [J]. *Schweizerische Mineralogische und Petrographische Mitteilungen*, 1992, 72: 347–363.
- [4] Kato T, Enami M, Zhai M. Ultrahigh-pressure (UHP) marble and eclogite in the Sui-Lu UHP terrane, eastern China [J]. *J. Metamorphic Geol.*, 1997, 15: 169–182.
- [5] Schertl H-P, Okay A I. A coesite inclusion in dolomite in Dabie Shan, China: Petrological and rheological significance [J]. *Eur. J. Mineral.*, 1994, 6: 995–1000.
- [6] 徐树桐, 苏文, 刘贻灿, 等. 大别山北部榴辉岩的发现及其岩相学特征 [J]. *科学通报*, 1999, 44(13): 1452–1456.
- [7] 刘贻灿, 徐树桐, 江来利, 等. 大别山北部镁铁-超镁铁质岩带的研究新进展 [J]. *安徽地质*, 1999, 9(4): 262–267.
- [8] 刘贻灿. 大别山北部榴辉岩的岩石学、地球化学及同位素年代学研究: 博士学位论文 [D]. 合肥: 中国科学技术大学地球与空间科学系, 2000.
- [9] 刘贻灿, 李曙光, 徐树桐, 等. 大别山北部榴辉岩和英云闪长质片麻岩锆石 U-Pb 年龄及多期变质增生 [J]. *高校地质学报*, 2000, 6(3): 417–423.
- [10] 刘贻灿, 徐树桐, 李曙光, 等. 大别山北部榴辉岩的地球化学特征和 Sr, Nd 同位素组成及其大地构造意义 [J]. *中国科学(D 辑)*, 2000, 30(增刊): 99–107.
- [11] 刘贻灿, 李曙光, 徐树桐, 等. 大别山北部榴辉岩的 Sm-Nd 年龄测定及其对麻粒岩相退变质时间的制约 [J]. *地球化学*, 2001, 30(1): 79–87.
- [12] 徐树桐, 江来利, 刘贻灿, 等. 大别山(安徽部分)的构造格局和演化过程 [J]. *地质学报*, 1992, 66(1): 1–14.
- [13] 徐树桐, 刘贻灿, 江来利, 等. 大别山的构造格局和演化 [M]. 北京: 科学出版社, 1994, 1–175.
- [14] 魏春景, 单振刚, 张立飞, 等. 北大别榴辉岩的确定及其地质意义 [J]. *科学通报*, 1997, 42(17): 1834–1835.
- [15] Tsai G-H, Liou J G. Eclogite facies relics and inferred ultrahigh-pressure metamorphism in the North Dabie complex, central-eastern China [J]. *Am. Mineral.*, 2000, 85: 1–8.
- [16] Tsai G-H, Liou J G, Ernst W G. Petrological characterization and tectonic significance of retrogressed garnet peridotites, Raobazhai area, North Dabie Complex, east-central China [J]. *J. metamorphic Geol.*, 2000, 18: 181–192.
- [17] 刘贻灿, 徐树桐, 李曙光, 等. 大别山北部鹿吐石铺含石榴子石斜长角闪岩的变质特征及 Rb-Sr 同位素年龄 [J]. *安徽地质*, 2000, 10(3): 194–198.
- [18] Zhang R, Liou J G, Cong B. Tale, magnesite and Ti-clinohumite bearing ultrahigh-pressure meta-mafic and ultramafic complex in the Dabie Mountains, China [J]. *J. Petrol.*, 1995, 36: 1011–1037.
- [19] Ohta M, Ogasawara Y, Katayama, Maruyama S. Petrology of diamond-bearing dolomite marble and diamond-free dolomitic marble from the Kokchetav massif, northern Kazakhstan [A]. *International Workshop on UHP Metamorphism and Exhumation* [C]. Stanford University. Abstract, 1998. A96–100.
- [20] Thompson A S. Water in the Earth's upper mantle [J]. *Nature*, 1992, 358: 295–301.
- [21] Engi M, Lindsley D H. Stability of Titanian clinohumite: experiments and thermodynamic analysis [J]. *Contrib. Mineral. Petrol.*, 1980, 72: 415–424.

# Ultra-High-Pressure Marble in the Northern Dabie Mountains and Its Geological Significance

LIU Yi-can, XU Shu-tong, JIANG Lai-li, WU Wei-ping, CHEN Guan-bao

(Anhui Institute of Geology, Anhui, Hefei 230001, China)

**Abstract:** At least three metamorphic stages of dolomitic marble associated with a few retrograded eclogite lenses can be distinguished from the mafie-ultramafic belt in the northern Dabie Mountains: ① the peak metamorphic stage of eclogite facies with calcite+ dolomite+ forsterite+ Ti-clinohumite+ rutile+ Mg-rich ilmenite ± aragonite ± garnet mineral assemblage; ② the granulite facies retrograded stage with calcite+ dolomite+ diopside+ ilmenite+ phlogopite+ spinel ± orthopyroxene; ③ the amphibolite facies retrograded stage with calcite+ dolomite+ apatite+ titanite+ magnetite. Its peak metamorphic minerals are similar to ultra-high-pressure marble in the Su-Lu UHP terrane. This confirmed that the marbles suffered the UHP metamorphism with the least pressure of 2.5 GPa and provided some new indicators for UHP metamorphism of crust rocks. In the meantime, it implies that most of the high-grade metamorphic rocks including marble from northern Dabie Mountains belong to a part of Triassic Yangtze subducted continental crust.

**Key words:** marble; UHP metamorphism; mafie-ultramafic belt; northern Dabie Mountains