

关于大别山榴辉岩相变质作用

刘雅琴¹, 刘晓春²

(1. 长春科技大学学报编辑部, 长春 130026; 2. 中国地质科学院地质力学研究所, 北京 100081)

提要:大别山产出的榴辉岩相岩石包括石榴橄榄岩、榴辉岩、榴云片岩、榴辉片麻岩、榴玉英岩和榴辉大理岩等不同系列, 它们均分布于花岗质片麻岩中。矿物共生序列研究表明, 榴辉岩相岩石经历了从绿帘角闪岩相、柯石英榴辉岩相、角闪榴辉岩相、绿帘角闪岩相到绿片岩相的演化过程。花岗质片麻岩及变质火山—沉积岩系并未经历超高压变质作用, 但却与榴辉岩相岩石经历了同一期绿帘角闪岩相变质事件, 证明二者在地壳范围内发生了构造合并。

关 键 词:大别山; 榴辉岩相; 变质作用; 构造合并

中图分类号: P588.3

文献标识码: A

文章编号: 1000—3967(1999)03—0277—07

大别山位于我国中部鄂豫皖三省交界处, 西与桐柏山相接, 东止于郟庐断裂。在地质构造上位于华北板块与扬子板块之间, 属于秦岭褶皱系的东延部分, 向东可越过郟庐断裂平移至苏北—胶南一带。榴辉岩几乎分布于整个大别地块, 但分布多寡不均(图 1)。其主要出露于上太古—下元古界的大别群中高级区域变质岩石中, 与表壳岩系关系密切, 并大致受岩石层位控制。在区域规模上均呈群体形式产出, 总的展布方向与区域构造线方向基本一致。榴辉岩单体常呈似层状、团块状、透镜状、扁豆状、条带状或不规则状产出, 并与超基性岩、片麻岩、大理岩等紧密共生。

榴辉岩与共生岩石的变质作用关系一直是榴辉岩—片麻岩杂岩地区研究的焦点问题之一。在大别—苏鲁地区, 对榴辉岩的初始研究就产生了“原地”和“外来”两种不同的认识^[1~2]。近年来, 随着研究的逐步深入, 非镁铁质超高压变质岩石不断被发现, 似乎支持了“原地”超高压变质作用的观点, 但另一部分学者强调榴辉岩相岩石与中低压片麻岩之间仍为构造关系^[3~4]。所以, 榴辉岩相岩石与围岩变质作用关系问题的争论还远未结束。本文基于对大别山的多年研究, 就这一问题做一讨论并提出一些初浅看法。

1 榴辉岩相岩石特征

在大别山发现的榴辉岩相岩石几乎包括了所有岩石系列, 尽管它们已被强烈的退化变质

收稿日期: 1998-12-10; **修订日期:** 1999-03-27

基金项目: 原地质矿产部青年地质学家基金(9608)资助。

作者简介: 刘雅琴(1950—), 女(汉族), 黑龙江省望奎县人, 副教授, 岩石学专业, 已发表“华中高压—超高压变质富铝岩石的温压条件研究及其地质意义”等论文。

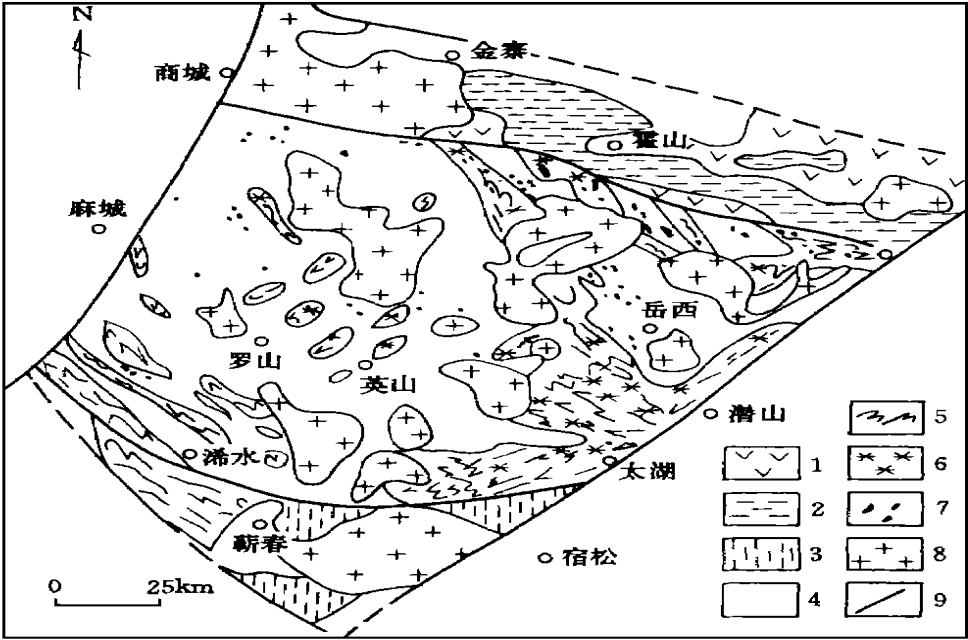


图 1 大别山区变质杂岩分布略图(据安徽省区调队,1990,简化)

Fig.1 Distribution of metamorphic complexes in the Dabie Mountains

1—侏罗纪火山岩;2—佛子岭群;3—红安群及宿松群;4—花岗质岩石(TTG 系列);
5—表壳岩系;6—榴辉岩;7—超基性岩;8—燕山期花岗岩;9—断层

作用所改造,但其内部均不同程度地保留了原始超高压变质作用的痕迹。表 1 给出了不同系列超高压岩石的原生矿物组合及退变矿物组合。

(1)超镁铁系列——石榴橄榄岩、石榴方辉岩:在大别山超高压变质杂岩中产出许多榴辉岩—超镁铁岩体,其中以碧溪岭岩体和毛屋岩体最具代表性,前者为榴辉岩夹石榴二辉橄榄岩,后者为石榴方辉橄榄岩夹石榴方辉岩条带和榴辉岩团块。尽管有人提出超镁铁岩可能是直接源于地幔的上地幔岩残块^[5],但其结晶温压条件与榴辉岩的相似性证明它们同属超高压变质成因。近年在毛屋岩体中发现的地幔矿物残留^[6]及早期麻粒岩相包体矿物^[7]都支持了这一结论。

(2)镁铁系列——榴辉岩:榴辉岩是榴辉岩相的标志性岩石,也是镁铁质岩石在榴辉岩相条件下的唯一表现形式。由于榴辉岩的致密结构和低水活度致使其保存较好,而刚性特征又使其多以大小不等的团块状、透镜状或扁豆状产出,这也是造成榴辉岩与围岩变质作用关系争论的主要原因之一。从目前的研究结果看,榴辉岩仍是恢复碰撞造山带变质—构造演化历史的关键。

(3)泥质系列——榴云片岩:在菖蒲、港河、甘家岭、横冲等地均有所发现,一般与大理岩共生,出露宽度从几十厘米到几十米不等。矿物组合简单,但石榴石中柯石英假像普遍,并在横冲已发现了柯石英残留体,证明它们也是超高压变质岩石。

(4)长英质系列——榴辉片麻岩:与榴辉岩紧密共生的片麻岩是一套细粒黑云斜长片麻岩(或称黑云变粒岩),其中在许多地区都发现了高压矿物残留,以石马河谷表现最好,那里不仅保存了石榴石、多硅白云母、金红石等,而且还发育各种假像矿物,如柯石英假像、绿辉石假像、多硅白云母假像等。目前,对均质细粒黑云斜长片麻岩是否经历了榴辉岩相变质作用尚存异议,我们最近在一颗锆石中发现了早期韭闪石质角闪石(以富 Al 为特征)和多硅白云母包体,其中多硅白云母 Si 值达 3.44,而基质中白云母 Si 值仅为 3.30,证明在细粒黑云斜长片麻岩形成之前确有一期高压变质事件存在。

表 1 大别山榴辉岩相岩石原生与退变矿物组合

Table 1 Primary and retrogressive metamorphic mineral assemblages of eclogite facies rocks in the Dabie Mountains			
岩石系列	岩石类型	原生矿物组合	退变矿物组合
超镁铁系列	石榴橄榄岩	石榴石+斜方辉石+橄榄石+钛铁矿±单斜辉石±菱镁矿±斜硅镁石	透闪石+蛇纹石+滑石+绿泥石+尖晶石+磁铁矿
	石榴方辉岩	石榴石+斜方辉石+钛铁矿±斜硅镁石	透闪石+滑石+绿泥石+磁铁矿
镁铁系列	榴辉岩	石榴石+绿辉石+多硅白云母+柯石英+金红石±蓝晶石±黝帘石	角闪石+黑云母+绿帘石+斜长石+石英+榍石±透辉石±钠云母
泥质系列	榴云片岩	石榴石+多硅白云母+柯石英+金红石	黑云母+白云母+斜长石+钾长石+石英+榍石±黝帘石
长英质系列	榴辉片麻岩	石榴石+绿辉石+多硅白云母+柯石英+金红石±蓝晶石±黝帘石	角闪石+黑云母+白云母+绿帘石+斜长石+石英+榍石±透辉石
硅质系列	榴玉英岩	石榴石+硬玉+柯石英+金红石	霓辉石+角闪石+钠长石+石英+磁铁矿+榍石
碳酸盐系列	榴辉大理岩	石榴石+绿辉石+多硅白云母+柯石英+白云石+方解石(文石?)	透辉石+角闪石+黝帘石+黑云母+斜长石+白云石+方解石
	透辉大理岩	透辉石+多硅白云母+方解石(文石?)	透闪石+黑云母+斜长石+方解石

(5)硅质系列——榴玉英岩:榴玉英岩是大别山保存最好的超高压岩石之一,最初只发现于潜山县牌楼^[8],随后的地质填图证明它是一种普遍分布的岩石类型,并在石榴石和硬玉中发现了柯石英包裹体^[9]。虽然它们目前均以块体形式产出,但整体上可连成几条岩带,原岩应为层状沉积岩,Liou 等认为是钠长石化粉砂岩^[10]。

(6)碳酸盐系列——榴辉大理岩、透辉大理岩:在大别山产出的大理岩主要是不纯大理岩,一般含较多的角闪石、黑云母、绿帘石和透辉石等暗色矿物。在石马和横冲已发现了保存较好的石榴石和绿辉石,并在石榴石中发现了柯石英残留体。详细的研究表明,这些大理岩矿物分布不均,黑云母与斜长石交生实际上构成了多硅白云母假像,角闪石与绿帘石(黝帘石)交生呈现石榴石假像,而蛇虫状透辉石+斜长石是绿辉石的假像。但是,少数纯质大理岩中含有原生透辉石(粒度大),并与多硅白云母共生,证明它们也是高压岩石。

2 榴辉岩相变质作用历程

榴辉岩相变质作用同其他区域变质作用一样,都经历了从前进到退化的演化过程,并且由于榴辉岩相变质作用跨越了较大的 $p-t$ 区域,其演化的阶段性更为显著。大别山榴辉岩相

岩石中近于完美的矿物共生序列为重建变质作用 pTt 轨迹打下了良好的基础(图 2)。

(1)前期与早期变质作用:在榴辉岩相石榴石中常保存早期矿物包裹体,它们一般记录了变质作用的早期或前期演化过程。早期矿物包体序列研究最好的例子是毛屋岩体,目前已在 其内发现 3 套包体序列。①原始地幔残留包体矿物组合,发现于方辉岩中,以含铬镁铝榴石+ 铬绿辉石+含铬金红石+铬铁矿为特征,结晶温度为 1 025 ℃^[6]。这种含铬矿物包体的产出 证明毛屋岩体的原岩直接来源于地幔。②前期麻粒岩相包体矿物组合,发现于石榴方辉岩中, 以假蓝宝石-刚玉+铝直闪石+普通角闪石+斜绿泥石为特征,变质条件为 730 ℃、0.4 GPa^[7]。这期 低压变质事件显然与超高压变质作用无关。③早期绿帘角闪岩相包体矿物组 合,以韭闪石质角闪石+绿帘石+黑云母+绿泥石为特征,其中角闪石与绿帘石常呈交生状 态,形成条件为温度小于 570 ℃、压力 1.0~1.2 GPa^[6]。这期包体矿物在其他榴辉岩的石榴 石中非常普遍,并常有钠长石出现,它代表超高压变质作用之前的绿帘角闪岩化,并指明了超 高压变质作用的前进演化过程。

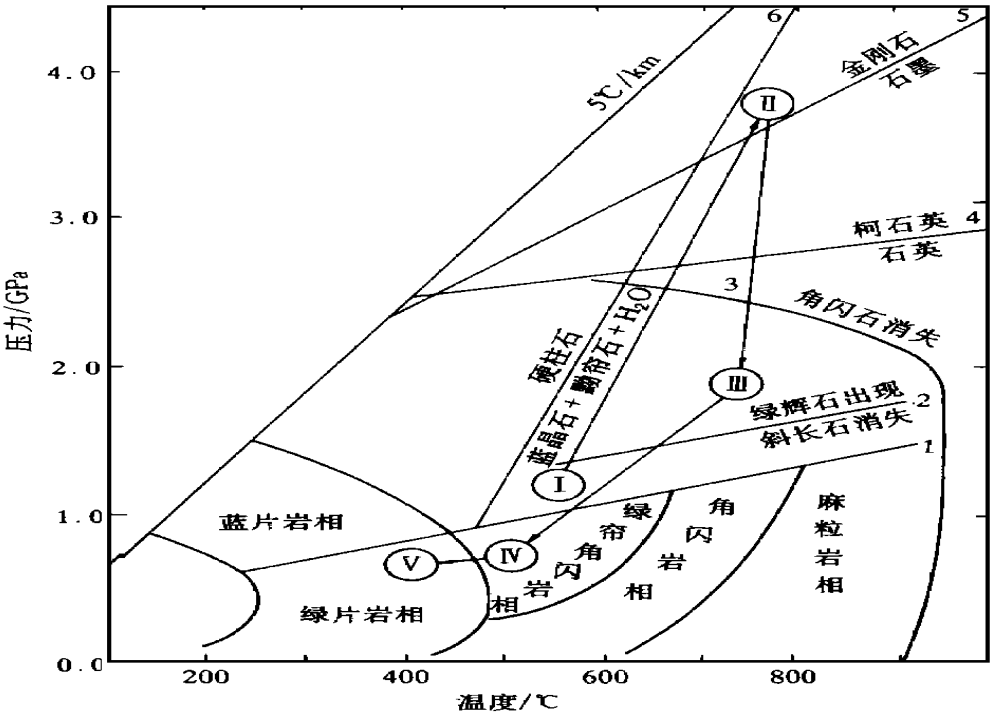


图 2 大别山榴辉岩相变质作用演化

Fig.2 Evolution of eclogite facies metamorphism in the Dabie Mountains

I—早期绿帘角闪岩相; II—峰期柯石英榴辉岩相; III—角闪榴辉岩相; IV—晚期绿帘角闪岩相;
V—绿片岩相; 1—据 Liou 等(1996); 2—据 Poli(1993); 3—据 Gilbert 等(1982);
4—据 Bohlen 等(1982); 5—据 Bundy(1980); 6—据 Schmidt 等(1994)

(2)峰期变质作用:超高压变质作用一般以柯石英的出现为标志,其变质温度的估计主要

以石榴石—单斜辉石地温计为基础。不同学者报道的大别山榴辉岩结晶温度大致为 650~750 °C, 最多不超过 800 °C。这一点已基本取得共识。然而, 对变质压力的估计一直存在不同的看法。柯石英的出现把变质压力限定为大于 2.8 GPa, 但这只是压力下限。其上限到底有多大? 金刚石的产出预示变质压力可能达到 3.8~4.0 GPa, 而对苏鲁石榴橄榄岩中菱镁矿的研究已获得 6.0 GPa 的极高压力^[11], 碧溪岭榴辉岩—超镁铁岩的压力估算也高达 4.7~6.7 GPa^[12]。但是, 大别山榴辉岩的一个重要地质事实是蓝晶石与黝帘石共生, 且二者均含有柯石英包裹体^[12], 暗示其压力上限尚未达到硬柱石的稳定区域, 即不会超过 4.7~6.7 GPa[?]。

(3)退变质作用:榴辉岩一般展示了丰富多彩的退变演化序列, 可划分出 3 个阶段。其他超高压岩石也大致如此, 但因强烈退化变质作用而不如榴辉岩显著。

榴辉岩退变的第一个阶段是少量角闪石在基质中形成, 可称之为角闪榴辉岩相阶段, 这一阶段还伴有柯石英向石英的转变。角闪石在柯石英榴辉岩中出现常使人迷惑不解, 但详细研究发现, 在与角闪石接触的石榴石中已形成了相对贫 Mg 的退变边, 根据石榴石—角闪石地温计^[13]计算的变质温度为 720~785 °C, 而角闪石的出现证明其形成压力小于 2.5 GPa, 这显然代表一个等温减压过程。

第二阶段为含斜长石的后成合晶阶段, 即常称的绿帘角闪岩相阶段。在这一阶段绿辉石首先转变成钠质单斜辉石+斜长石后成合晶, 进而转变为角闪石+斜长石后成合晶, 石榴石转变为角闪石+绿帘石后成合晶, 多硅白云母转变为黑云母+斜长石后成合晶, 金红石转变成榍石。在弱转变岩石中常保存一些冠状反应结构, 而强转变岩石则全部为后成合晶, 甚至为均质细粒绿帘斜长角闪岩, 榴辉岩体的边部常常如此, 从而完全消除了榴辉岩相变质作用的痕迹。根据多种地质温压计估算, 这一时期的变质温度约为 450~550 °C, 压力 0.6~0.8 GPa。

第三阶段为晚期绿片岩相叠加阶段, 主要表现为绿泥石对角闪石和黑云母的取代。部分榴辉岩中出现较大的冻蓝闪石+绿帘石巨晶, 其温压大致为 350~450 °C、0.65 GPa, 具有等压降温的特征。

3 榴辉岩相岩石与其他岩石单位的关系

最新研究成果表明, 大别山超高压变质杂岩主要由两个岩石单位构成。其一是榴辉岩相岩石单位, 其上部为方解石片麻岩、大理岩、榴云片岩、榴玉英岩夹榴辉岩透镜体; 下部为细粒黑云斜长片麻岩夹榴辉岩透镜体。它们往往作为表壳岩系构成一个复式向斜的核部。其二是花岗质片麻岩单位, 它们分布于榴辉岩相岩石的下部, 迄今为止尚未发现其经历过超高压变质作用的矿物学证据。由于晚期强烈变质变形作用的改造, 二者之间的接触关系不十分清楚。此外, 在局部地区还识别出少量浅变质火山—沉积岩系^[14~15], 其与榴辉岩相岩石的关系是目前中外地质学家比较关注的一个问题。

花岗质片麻岩以二长花岗质片麻岩为主, 包括少量英云闪长质和奥长花岗质片麻岩。其最明显的特征是粗粒花岗结构和片麻状构造, 并在很多地区显示了糜棱岩化的特征。主要组成矿物为斜长石、钾长石和石英, 其次为石榴石、黑云母、白云母、绿帘石等。其中石榴石以富 Mn 为特征, 锰铝榴石分子最高可达 50%, 多硅白云母是相对低硅的 ($Si=3.2\sim3.40$), 与超高

压多硅白云母明显不同。估算的变质条件为 500 °C、0.5 GPa, 恰好与榴辉岩的绿帘角闪石岩相退变质作用相当。Cong 等提出花岗质片麻岩与榴辉岩相岩石为构造接触关系^[4]。Liu 等根据褐帘石的发现及其岩浆成因的确定, 认为这些岩石从未经受超高压变质作用, 但却与榴辉岩相岩石共同经历了一期绿帘角闪岩相变质事件, 并提出超高压岩石在抬升到地壳范围内时与花岗质岩石发生了构造合并[?]。最近, 徐树桐等又识别出可能属于晚期侵入的花岗质片麻岩^[16], 暗示花岗质片麻岩可能不是一个完整的统一体。

榴辉岩相岩石中浅变质火山—沉积岩系的发现又引发出另一场争论, 目前多从构造角度解释, 认为是后期构造岩块^[16], 但对其变质作用特征未做详细工作。最近的研究结果表明, 浅变质火山角砾岩尽管保留了完好的火山碎屑结构, 且矿物结晶细小, 但其矿物组合及矿物成分与花岗质片麻岩极为相似, 特别是富 Mn 石榴石(锰铝榴石分子最高达 46%)和多硅白云母质白云母($\text{Si}=3.24\sim3.38$)的产出证明它们的变质条件相当, 故应具有类似的成因机制。目前比较难以解释的是那套沉积岩石, 它们保存了完整的沉积韵律、沉积层理等各种沉积构造, 变质程度仅达到板岩级, 或许它们是绿帘角闪岩相变质作用(即榴辉岩的退变质作用)过程中的惰性成分。但无论如何, 这种岩石似乎更难以用超高压变质作用来解释。

4 结 语

榴辉岩相的概念自 Eskola 于 1920 年提出之后, 有关榴辉岩相变质作用的性质已争论了近 80 年, 现代的高精度观察与测试技术也未能完全解决这一问题。就大别山而言, 至少在未找到充分的矿物学证据之前还不能确认榴辉岩相变质作用是区域性的。我们的初步研究结果似乎表明, 榴辉岩相岩石在其抬升到地壳范围内时与花岗质岩石和部分火山—沉积岩发生了构造合并, 后者又经历了共同的绿帘角闪岩相变质作用, 而伴随的强烈变形作用掩盖了二者之间的构造接触关系。当然, 这一结论还存在若干疑点, 相信在不久的将来可以得到解决。

参考文献:

- [1] 刘若新, 马宝林, 张兆忠· 苏北—胶南构造混杂岩带的地质特征和岩性地层柱[J]. 地震地质, 1989, 11(1): 47—54.
- [2] WANG X, LIOU J G. Regional ultrahigh-pressure coesite-bearing eclogitic terrane in central China: Evidence from country rocks, gneiss, marble, and metapelite[J]. *Geology*, 1991, 19: 933—936.
- [3] 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.
- [4] CONG B, ZHAI M, Carswell D A, et al. Petrogenesis of ultrahigh-pressure rocks and their country rocks of Shuanghe in Dabieshan, central China[J]. *Eur. J. Mineral.*, 1995, 7: 119—138.
- [5] 杨建军· 苏鲁榴辉岩及有关超基性岩[M]. 北京: 地质出版社, 1991.
- [6] LIU X, ZHOU H, MA Z, et al. Chrome-rich clinopyroxene in orthopyroxenite from Maowu, Dabie Mountains, central China: A second record and its implications for petrogenesis[J]. *Island Arc*, 1998, 7: 135—141.
- [7] OKAY A I. Sapphirine and Ti-clinohumite in ultra-high-pressure garnet-pyroxenite and eclogite from Dabie Shan, China[J]. *Contrib. Mineral. Petrol.*, 1994, 116: 145—155.
- [8] 翟明国, 从柏林, 赵中岩等· 大别山榴辉岩带的高压硬玉石英岩块体及其地质意义[J]. 科学通报, 1991, 11: 1013.
- [9] SU W, XU S, JIANG L, et al. Coesite from quartz-jadeite in the Dabie Mountains, Eastern China[J]. *Mineral. Mag.*, 1996,

? Liu X, Dong Sand, Xue H. Significance of allanite-(Ce) in granitic gneisses from the ultrahigh-pressure metamorphic terrane, Dabie Shan, central China. *Mineral. Mag.* (in review).

60, 229—236.

- [10] LIOU J G, ZHANG R Y, JAHN B M. Petrology, geochemistry and isotope data on a ultrahigh-pressure jadeite quartzite from Shuanghe, Dabie Mountains, East-central China[J]. *Lithos.*, 1997, 41, 59—78.
- [11] YANG J, GODARD G, KIENAST J R, et al. Ultrahigh-pressure (60 kbar) magnesite-bearing garnet peridotites from north-eastern Jiangsu, China[J]. *J. Geol.*, 1993, 101, 541—554.
- [12] ZHANG R Y, LIOU J G, CONG B. Talc-, magnesite- and Ti-clinohumite-bearing ultrahigh-pressure meta-mafic and ultra-mafic complex in the Dabie Mountains, China[J]. *J. Petrol.*, 1995, 36, 1011—1037.
- [13] GRAHAM C M, POWELL R. A garnet-hornblende geothermometer: Calibration, testing, and application to the Pelona schist, Southern California[J]. *J. Metamorphic Geol.*, 1984, 2, 13—31.
- [14] 汤加富, 钱存超, 高天山. 大别山区榴辉岩带中浅变质火山—碎屑岩层组合的发现及意义[J]. *安徽地质*, 1995, 5(2): 29—35.
- [15] 董树文, 王小凤, 黄德志. 大别山超高压变质带浅变质岩片的发现及意义[J]. *科学通报*, 1996, 41(9): 815—820.
- [16] 徐树桐, 吴维平, 苏文等. 大别山东部榴辉岩带中的变质花岗岩及其大地构造意义[J]. *岩石学报*, 1998, 14(1): 42.

On the eclogite facies metamorphism in the Dabie Mountains

LIU Ya-qin¹, LIU Xiao-chun²

(1. *Changchun University of Science and Technology, Changchun 130026, China;*

2. *Institute of Geomechanics, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100081, China)*

Abstract: Eclogite facies rocks from the Dabie Mountains are mainly composed of garnet peridotite, eclogite, garnet-phengite schist, eclogitic gneiss, garnet-jadeite quartzite and eclogitic marble, which often occurs within granitic gneisses. The paragenetic sequence in eclogite indicates that eclogite facies rocks experienced progressive metamorphism from epidote-amphibolite facies to coesite-eclogite facies and retrograde metamorphism from amphibole-eclogite facies through epidote-amphibolite facies to greenschist facies. Granitic gneisses and metamorphosed volcanic-sedimentary rocks were not subjected to ultrahigh-pressure metamorphism, but they together with eclogite facies rocks underwent the same epidote-amphibolite facies metamorphic event. This may imply that the two rock units were juxtaposed at crustal levels during the late continental collision in the Dabie Mountains.

Key words: Dabie Mountains; eclogite facies; metamorphism; juxtaposition