大别山北部榴辉岩的发现及其岩相学特征

徐树桐 苏 文④ 刘怡灿 王汝成(四) 江来利 吴维平

(安徽省地质科学研究所, 合肥, 230001; ④中国地质大学, 武汉, 430074; (四)南京大学, 南京, 210008)

摘要 大别山北部造山带变质岩地区发现新鲜的榴辉岩露头是最新发现. 这些榴辉岩产于面理化的橄榄岩中, 外围是条带状的片麻岩, 主要矿物成分为绿辉石、石榴子石、透辉石、斜方辉石、金红石、尖晶石、橄榄石、刚玉、石英、角闪石、斜长石及不透明矿物; 根据岩相学的研究, 早期的矿物组合为绿辉石, 石榴子石, 金红石. 大别山北部地区榴辉岩的发现, 表明大别山北部变质岩带曾经深俯冲并且受到过超高压变质作用, 这无论是对了解大别山北部超镁铁岩带的构造背景、大别山造山带的几何结构, 还是对其运动学特征, 都有非常重要的甚至是决定性的意义.

关键词 榴辉岩 超镁铁岩带 岩相学 大别山

80年代后期以来, 由于柯石英[1~2]和金刚石[3~4]等超高压变质作用的特征矿物呈包体在大别山地区超高压变质岩中的相继发现, 证实了超高压变质带的存在, 并引起了人们对大别山超高压变质作用带的极大兴趣, 人们对大别山地区的岩石学, 矿物学, 地球化学, 大地构造以及同位素地质学等进行了广泛的研究, 取得了一系列的研究成果. 但是, 对超镁铁岩带构造背景的认识存有很大分岐. 徐树桐等人[5]强调大别杂岩都是扬子板块的俯冲基底, 超镁铁岩带是变质蛇绿混杂岩, 也是华北与扬子大陆的缝合线; 有些作者将大别造山带分为南大别和北大别杂岩, 超镁铁质岩带为北大别杂岩[6]. 王清晨等人[7]、张儒媛等人[8]划分南北大别杂岩的标准之一是以是否有榴辉岩相岩石为依据, 他们认为北大别杂岩是岛弧杂岩, 其中的超镁铁岩是侵入华北板块边缘的大陆地幔楔的碎块, 而不代表蛇绿混杂岩, 他们的根据是: (1) 没有代表洋壳的地球化学证据, (2) 超镁铁岩中没有经受过榴辉岩相变质作用的证据, 因而不能证明它曾起过引擎作用并牵引陆壳向深部俯冲的洋壳. 虽然徐树桐等人(1994)曾经预测这个超镁铁岩带中应当有榴辉岩相变质作用, 但到目前为止, 北部超镁铁岩中, 尚未有榴辉岩产出的报道, 尽管人已发现过石榴辉石岩和石榴角闪岩[7,9,10]. 作者在对大别造山带变质作用的近期研究中, 于大别山北部地区发现了榴辉岩的露头. 超基性岩带内榴辉岩的发现将使大部分在大别山工作的中外地质学家改变他们原先对大别山地质的认识. 本文将简要讨论这些榴辉岩的岩相学的特征及其地质意义.

1 区域地质及榴辉岩的产出特征

大别山是扬子大陆板块向中朝板块俯冲造成的碰撞造山带, 是秦岭-桐柏造山带的东延部分, 东段被郯-庐断裂带截割. 徐树桐等人[11]将大别山地区由南向北可分出以下构造岩石单位: (1) 前陆褶皱冲断带和磨拉石盆地; (2) 扬子大陆板块的俯冲盖层; (3) 扬子大陆板块的俯冲基底; (4) 变质蛇绿混杂岩带; (5) 弧后复理石推覆体和反向褶皱冲断层带; (6) 后继盆地(图1).

大别山北部的变质蛇绿混杂岩带又可以分为南, 北两支. 南部带分布在金寨县青山-霍山县漫水河-岳西县城一线, 再向东可能延到天柱山, 宽约10km, 北部一条分布在金寨县青山以东——霍山磨子潭-桐城一线, 宽约8 km, 长约80 km. 两个带都是向南凸出的半弧形. 两个带

的组成基本相同. 变质蛇绿混杂岩带主要由岩块和基质两部分组成. 其主要组成成员的成分有镁铁和超镁铁岩块以及包围它们的各种不同成分的片麻岩. 大多数岩块表现为角闪岩相的变质作用, 但少数岩块仍残留有麻粒岩相的矿物组合.

最近作者等在大别山北部超镁铁岩带中发现了两处新鲜榴辉岩, 产出地点在磨子潭以南、黄尾河以东的官庄岭村附近. 榴辉岩呈岩块(大小为 15 cm × 25 cm) 产于面理化的橄榄岩中, 外围是条带状片麻岩.

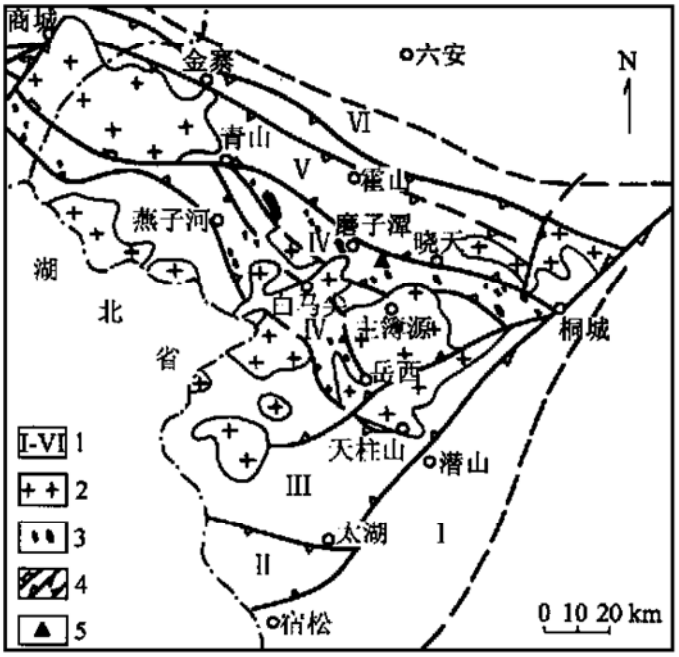

图 1　大别山地区地质略图

1. 构造岩石单位: iv——前陆褶皱冲断带和磨拉石盆地, ㈦——扬子大陆板块的俯冲盖层, ㈣——扬子大陆板块俯冲基底, ㈤——变质蛇绿混杂岩带, ㈥——弧后复理石推覆体和反向褶皱冲断层带, v 及 iv——后继盆地; 2. 花岗岩; 3. 超镁铁质岩块; 4. 正, 冲和走滑断层; 5. 北部榴辉岩产出地点

2　榴辉岩的岩相学和矿物学特征

2.1　岩相学特征

岩石主要呈暗灰绿色, 多为块状构造. 主要矿物有绿辉石(5% ~ 10%), 石榴子石(25% ~ 35%), 透辉石(10% ~ 20%), 石英(5% ~ 10%), 角闪石(5% ~ 10%), 斜方辉石(5%), 斜长(5%), 少量的金红石、尖晶石、橄榄石、刚玉、榍石、磁铁矿及钛铁矿等. 在岩石薄片中, 岩石总体上呈斑状变晶结构, 石榴子石为变斑晶. 岩石中最显著的显微结构是由石榴子石和绿辉石退变形成的后成合晶结构; 新鲜的绿辉石则主要呈包体形式赋存在石榴子石中, 基质中的绿辉石大多已退变为透辉石, 少数则呈粒状与石榴子石共生(图 2(c)); 石榴子石中含有丰富的包裹体, 主要有绿辉石、金红石、透辉石、石英以及角闪石等. 但大多石榴子石的边部均已退变, 其后成合晶的矿物成分相当复杂并随其相邻矿物的不同而不同(图 2(c)), 主要有细粒的斜长石、单斜辉石、斜方辉石、尖晶石、角闪石以及磁铁矿等, 这些复杂的矿物成分及结构反映了榴辉岩在峰期变质作用之后, 矿物之间的元素扩散和迁移作用, 同时也表明其退变质作用是一个极为复杂的过程.

2.2　矿物学特征

研究区榴辉岩主要矿物电子探针分析数据见表 1, 电子探针分析由南京大学国家成矿作用重点开放实验室完成, 仪器的型号为 JEOL JXA-8800M, 工作条件: 加速电压 15kV, 束流 10nA.

石榴子石. 石榴子石在薄片下呈粉红色, 常呈自形、半自形粒状, 大部分粒度约为 2. 0~2. 5 mm. 晶内含有丰富的包体, 如绿辉石、石英、透辉石、金红石、尖晶石、角闪石等(图 2(a)、(b)). 石榴子石边缘常常发育有后成合晶结构. 电子探针分析表明, 从核部到边部的成分略有变化(见表 1), 但显微镜下没有明显的环带结构.

单斜辉石. 从表 1 可以看出, 主要有绿辉石及透辉石两种.

绿辉石. 绿辉石呈两种形式产出: (1) 呈包体产于石榴子石中, 其大小为 20 μm(图 2(b)); (2) 基质中的绿辉石呈自形晶粒状, 其大小为 70 μm × 140 μm. 两种绿辉石都具有完好的辉石

式的解理. 从表 1 可以看出, 其 Na_2O 成分为 3.68%~ 3.85% (98409), 3.06%~ 3.25% (98702) 和6.97%~ 7.91% (98701), 硬玉的端员组分为 25.21%~ 51.31%, 应为绿辉石. 而基质中的绿辉石均已退变, 通过观察, 其分解主要通过 2 种方式: (1) 与石榴子石相互反应, 而形成后成合晶结构(图 2(b)、(c)), 其退变的产物较为复杂, 主要有透辉石、角闪石、斜方辉石、尖晶石、斜长石及磁铁矿等组成; (2) 退变成透辉石(图 2(c)), 并伴有明显的石英和磁铁矿矿物的出溶.

透辉石. 大多数透辉石都为退变质产物, 在透辉石的外围可见有很薄的一圈斜方辉石边, 并且伴有明显的石英和磁铁矿矿物的出溶. 这可能表明是早期的绿辉石在减压过程中退变而形成的. 根据其成分特征可以分为 2 种类型: 它们大多数属于透辉石, 少数为铁质透辉石.

角闪石. 根据产出的结构特征, 角闪石有 3 类: (1) 呈淡绿色, 它形粒状产于石榴子石中(图 2(a)); (2) 呈黄绿色, 细粒结构(0.1~ 0.2 mm), 并与斜长石等矿物共生构成石榴子石边缘的后成合晶和(3) 蓝绿色、中粒的角闪石, 此类的角闪石产于石榴子石后成合晶的边缘, 其中含有它形的尖晶石晶体(图 2(d)). 不同的角闪石的化学成分分析结果见表 1, 本区的角闪石(据 Leake 1978[12] 的角闪石分类原则) 的大多数为韭闪石(Pargasite), 少数为镁钙闪石.

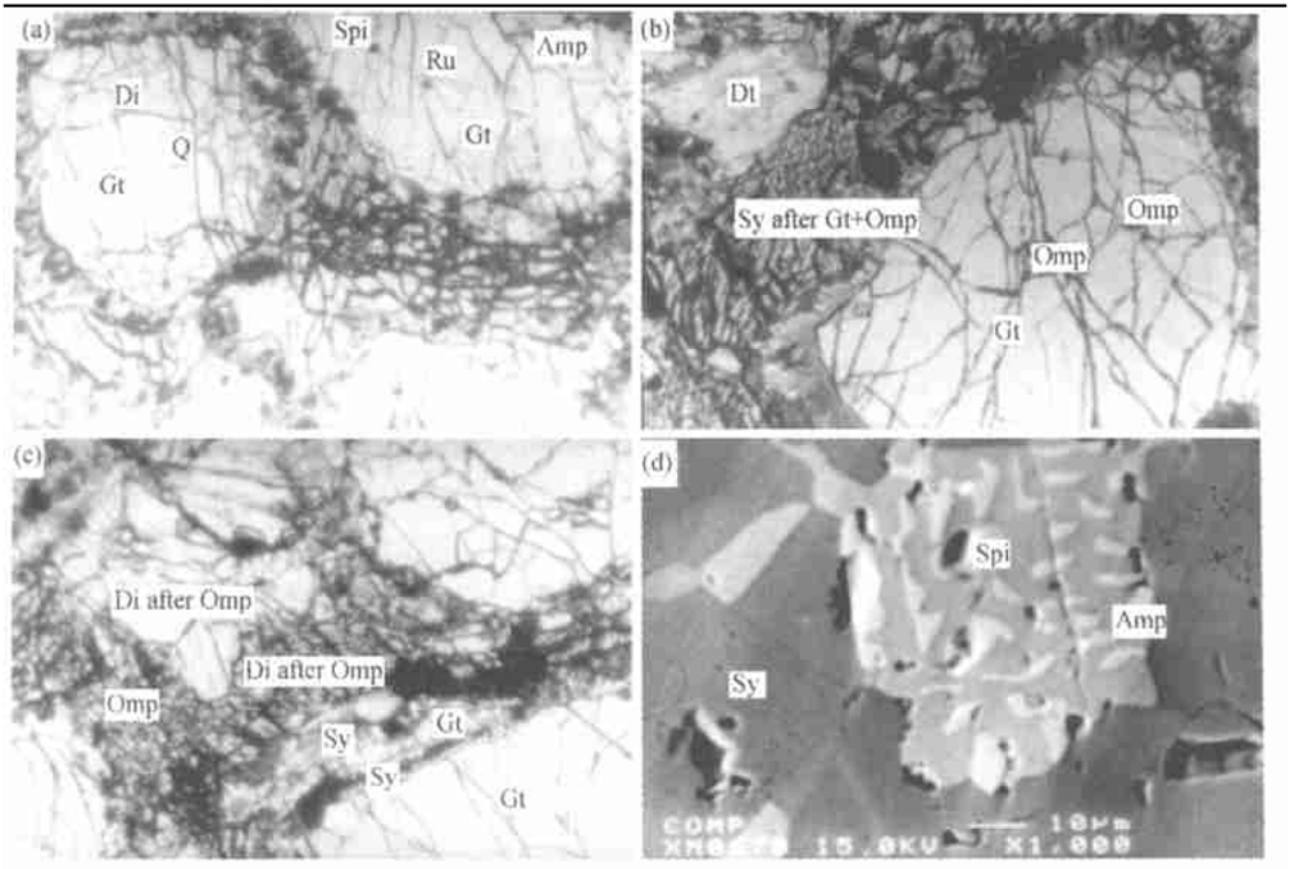

图 2　大别山北部榴辉岩显微照片(单偏光)

(a) 石榴子石(Gt) 含有丰富的包裹体, 主要有透辉石(Di)、金红石(Ru)、尖晶石 (Spi)、石英(Q) 和角闪石(Amp) 等, 视域宽度为 3.3 mm(样品号 98409); (b) 绿辉石(Omp) 呈包裹体赋存于石榴子石中, 主晶石榴子石与相邻矿物单斜辉石形成后成合晶(Sy)、石榴子石(Gt)、透辉石(Di), 视域宽度为 3.3mm(样品号 98409); (c) 基质中的绿辉石, 但大多已退变为透辉石, 且与石榴石反应形成复杂的后成合晶结构, 视域宽度为 3.3mm(样品号 98702), 符号同(b); (d) 晚期形成的角闪石内含有它形的尖晶石晶体, 标尺为 10 μm(样品号 98409), 符号同前

斜方辉石. 主要为顽火辉石, 呈细粒的它形晶出现在后成合晶中(表 1).

2.3　榴辉岩的变质演化阶段

根据研究区榴辉岩中的变质结构, 变质反应及其矿物共生组合特征, 大别山北部的榴辉岩

表 1　大别山北部榴岩代表性矿物电子探针分析/%

样品	矿物	产状	SiO_2	TiO	Al_2O_3	FeO	Cr_2O_3	MnO	MgO	CaO	Na_2O	K_2O	Total	Si	Ti	Al	Fe^{2+}	Fe^{3+}	Cr	Mn	Mg	Ca	Na	K	Total
98701	Omp	包体	55.49	0.01	10.78	6.78	0.01	0.03	7.29	11.71	7.91	0.01	100.02	1.970	0.030	0.461	0.202	0.000	0.000	0.001	0.386	0.445	0.545	0.000	4.000
	Omp	包体	54.87	0.07	10.57	6.87	0	0	7.07	11.09	7.62	0	100.02	1.990	0.002	0.451	0.208	0.000	0.000	0.000	0.382	0.431	0.536	0.000	4.000
	Omp	包体	52.95	0	4.14	5.26	0.09	0.09	14.04	19.57	3.76	0	99.90	1.899	0.000	1.962	0.158	0.000	0.003	0.003	0.750	0.752	0.261	0	4.000
	Cpx	基质	52.71	0.15	3.67	5.30	0.01	0.10	14.82	19.68	2.97	0.01	99.42	1.906	0.004	0.158	0.160	0.000	0.000	0.003	0.799	0.762	0.208	0.000	4.000
	Cpx	基质	50.72	0.60	4.37	4.86	0.08	0.13	15.14	23.39	0.57	0.02	99.88	1.856	0.017	0.188	0.044	0.105	0.002	0.004	0.826	0.917	0.040	0.001	3.999
	Cpx	合晶	49.49	0.06	5.30	14.47	0.03	0.23	28.02	0.23	0.09	0	97.92	1.795	0.002	0.226	0.254	0.185	0.001	0.007	1.515	0.009	0.006	0.00	4.000
	Cpx	合晶	50.41	0.07	4.82	13.86	0.09	0.16	27.81	0.39	0.06	0	97.67	1.834	0.002	0.207	0.300	0.122	0.003	0.005	1.133	0.015	0.004	0.000	4.000
	Gt	基质	38.30	0	23.89	18.42	0.02	0.51	12.97	5.90	0.04	0	100.03	2.836	0.00	2.084	1.141	0.000	0.001	0.032	1.432	0.468	0.006	0.000	8.000
	Gt	基质	38.41	0.08	23.32	17.90	0.08	0.66	13.94	5.82	0	0	100.13	2.831	0.004	2.024	1.103	0.000	0.005	0.041	1.532	0.460	0.001	0.000	8.000
	Ol	合晶	32.23	0	0	32.76	0	0.69	31.62	0.08	0	0	97.38	0.923	0.000	0.000	0.785	0.000	0.000	0.017	1.350	0.002	0.000	0.000	3.077
	Spi	包体	0.33	0.24	63.73	19.22	0.12	0.08	16.37	0.02	0	0	100.11	0.021	0.012	4.860	1.041	0.000	0.006	0.004	1.580	0.001	0.000	0.000	7.525
	Spi	合晶	0.03	0.02	63.78	17.90	0.10	0.06	16.22	0.07	0.05	0	98.23	0.002	0.001	4.931	0.983	0.000	0.005	0.003	1.588	0.005	0.006	0.000	7.524
	Amp	合晶	38.98	0	16.12	13.45	0.09	0.13	25.34	0.40	0.23	0.65	95.30	5.698	0.000	2.785	1.650	0.000	0.010	0.016	5.542	0.063	0.065	0.122	15.973
	Amp	合晶	38.59	4.61	15.36	8.27	0.08	0.10	13.90	11.16	4.84	0.03	96.86	5.698	0.512	2.671	1.021	0.000	0.009	0.013	3.060	1.766	1.386	0.006	16.141
98409	Gt	核	38.35	0.09	22.56	18.57	0	0.75	11.92	6.47	0.02	0	98.73	2.897	0.005	2.07	1.173	0.000	0.000	0.048	1.342	0.524	0.003	0.000	8.000
		中心	38.35	0	23.12	17.86	0	0.41	11.94	7.73	0.03	0	99.44	2.867	0.000	2.036	1.117	0.000	0.000	0.026	1.331	0.619	0.004	0.000	8.000
		边	38.34	0.07	22.81	19.23	0	0.54	11.24	7.83	0.01	0	100.07	2.868	0.004	2.009	1.203	0.000	0.000	0.034	1.253	0.627	0.001	0.000	8.000
	Omp	包体	54.48	0.18	6.33	5.21	0	0.01	12.69	17.90	3.85	0.01	100.66	1.946	0.005	0.266	0.156	0.000	0.000	0.000	0.676	0.685	0.267	0.000	4.000
			53.49	0.12	6.43	5.02	0	0.04	12.61	18.02	3.68	0.02	99.43	1.934	0.003	0.273	0.152	0.000	0.000	0.001	0.680	0.698	0.258	0.001	3.999
	Di	基质	51.36	0.01	3.30	5.62	0	0.08	15.07	21.43	1.89	0.01	98.77	1.883	0.000	0.142	0.172	0.000	0.000	0.003	0.824	0.842	0.134	0.000	4.000
			54.65	0	1.02	3.86	0	0.01	17.13	23.20	0.58	0	100.45	1.976	0.000	0.044	0.117	0.000	0.000	0.000	0.924	0.899	0.041	0.000	4.000
	Opx	合晶	51.09	0	4.87	11.50	0	0.18	30.89	0.29	0	0	98.82	1.809	0.000	0.203	0.341	0.000	0.000	0.005	0.988	0.011	0.000	0.000	4.000
	Spi	合晶	0.09	0	65.82	15.63	0	0.13	18.58	0.05	0.04	0.01	100.35	0.006	0.000	4.920	0.830	0.000	0.000	0.007	1.758	0.003	0.005	0.001	7.530
	Ol	合晶	36.28	0	0.01	33.06	0	0.45	30.97	0.14	0.02	0	100.93	1.000	0.000	0.000	0.762	0.000	0.000	0.011	1.272	0.004	0.001	0.000	3.050
	Co	合晶	0.19	0	90.62	0.75	0	0	0.19	0.04	0	0	91.85	0.012	0.003	6.601	0.039	0.000	0.000	0.000	0.018	0.003	0.000	0.00	6.676
	Amp	包体	42.22	0.39	15.26	9.70	0	0.12	15.50	11.65	3.02	0.04	97.55	6.116	0.042	2.604	1.175	0.000	0.000	0.015	3.347	1.808	0.848	0.007	15.963
		合晶	39.43	2.43	15.63	11.60	0	0.24	13.14	11.65	3.74	0.02	97.88	5.822	0.270	2.718	1.433	0.000	0.000	0.030	2.892	1.843	1.071	0.004	16.082
	Pl	合晶	48.41	0.05	33.41	0	0.25	0.04	0.01	15.85	2.53	0.03	100.58	8.818	0.007	7.167	0.038	0.000	0.000	0.006	0.003	3.093	0.894	0.007	20.033
			52.42	0	27.25	3.45	0	0.02	0.92	9.12	5.41	0.11	98.70	9.731	0.000	5.957	0.536	0.000	0.000	0.003	0.255	1.814	1.947	0.026	20.269
98702	Omp	包体	53.45	0.08	4.85	3.92	0	0.04	14.23	19.91	3.79	0	100.27	1.902	0.002	0.203	0.117	0.000	0.000	0.001	0.755	0.759	0.261	0.000	4.000
		基质	54.44	0.06	4.60	3.45	0	0.09	14.11	19.17	3.60	0	99.52	1.954	0.002	0.195	0.103	0.000	0.000	0.003	0.755	0.737	0.251	0.000	4.000
			53.06	0.12	4.66	3.90	0	0.02	15.11	20.40	3.59	0.03	100.89	1.873	0.003	0.194	0.115	0.000	0.000	0.001	0.795	0.772	0.246	0.001	3.999

在变质作用过程中, 主要经历了 3 个变质演化作用阶段: (1) 峰期阶段: 矿物组合为 Omp+ Gt+ Q+ Ru, 根据石榴子石-单斜辉石地质温度计估算, 其相应的变质温度为 885 ℃(±)[13], 这表明本区的榴辉岩曾经历过榴辉岩相阶段; (2) 早期麻粒岩相退变质阶段: 矿物组合为 Opx+ Di+ Gt+ Spi+ Q ±Co+ P1 ±Ru+ Mt, 其典型的结构为绿辉石与石榴子石之间产生反应, 形成由Opx+ Di+ Spi+ Q+ P1 等组成的复杂后成合晶结构. 其温压条件为: T = 845~ 900 ℃(据二辉石温度计计算[15]) 时, P = 0.95~ 1.12GPa(据石榴子石-斜方辉石压力计计算[14]); (3) 角闪岩相阶段, 以发育 Amp+ P1+ Bi 矿物组合为特征, 其温压条件为: T = 500~ 600 ℃[16] 时, P = 0.5~ 0.6 GPa.

3 结论

(1) 大别山北部造山岩带中是否有榴辉岩的存在, 历来存在着争议, 本文通过岩相学及矿物学工作进一步证实了榴辉岩的存在.

(2) 根据本区榴辉岩的矿物组合及其结构特征, 表明其主要经历了 3 个变质演化阶段: (ⅳ) 峰期榴辉岩相阶段, (㈦) 早期麻粒岩相退变质阶段, (㈣) 角闪岩相阶段. 与南部超高压带内榴辉岩退化变质作用过程的区别是角闪岩相之前有麻粒岩相阶段.

致谢 本文中图件由陆益群女士清绘, 特此致谢. 本工作为国家自然科学基金(批准号: 49794041 和 49572150) 和安徽省地矿局共同资助项目.

参 考 文 献

1 Okay A I, Xu Shutong, Sengor A M C. Coesite from the Dabie Shan eclogites, Central China. Eur J Mineral, 1989, (1): 595~ 598
2 Su Wen, Xu Shutong, Jiang Laili, et al. Coesite from the quartz-jadeitite, Eastern China. Mineral Mag, 1996, 60: 229~ 239
3 Xu Shutong, Okay A I, Ji Shouyuan, et al. Diamonds form Dabie Shan metamorphic rocks and its implicatin for tectonic setting. Science, 1992, 256: 80~ 82
4 徐树桐, 苏 文, 刘贻灿, 等. 大别山东段高压变质岩中的金刚石. 科学通报, 1991, 36(17): 1318~ 1321
5 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. 地质学报, 1992, 59(4): 279~ 285
6 Cong B, Wang Q, Zhai M, et al. Ultrahigh pressure metamorphic rocks in the Dabie-Sur-Lu region, China: their formation and exhumation. The Island Arc, 1994, 3: 135~ 150
7 Wang Qingchen, Zhai Mingguo, Cong Bolin. Regional geology (of UHPM rocks) in Ultrahighr-Pressure Rocks in THe Dabie-Sulu Region of China (Cong Edt). Beijing: Science Press, 1996. 224
8 Zhang R Y, Liou J G, Tsai C H. Petrogenesis of a highr-temperature metamorphic terrane: a new tectonic interpretation for the north Dabieshan, central China. J metamorphic Geol, 1996, 14: 319~ 333
9 Li Shuguang, Emil Jagoutz, Xiao Yilin, et al. Chronology of ultrahighr pressure metamorphism in the Dabie Mountains and Sur-Lu terrane: I. Snr-Nd isotope system. Science in China, Series D, 1996, 39(6): 597~ 609
10 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. 科学通报, 1997, 42(17): 1832~ 1835
11 徐树桐, 刘贻灿, 江来利, 等. 大别山的构造格局和演化. 北京: 科学出版社, 1994. 175
12 Leak B E, Nomenclature of amphibole. Mineral Mga, 1978, 42: 533~ 563.
13 Ellis D J, Green D H. An experimental study of the effect of Ca upon garnet clinopyroxene Fe-Mg exchange equilibria. Contrib Mineral Petrol, 1979, 71: 13~ 22
14 Wood B J. The solubility of alumina in orthopyroxene coexisting with garnet. Contrib Mineral Petrol, 1974, 46: 1~ 15
15 Wood B J, Banno S. Garnet-orthopyroxene and orthopyroxene-clinopyroxene relationship in simple and complex systems. Contrib Minero Petrol, 1973, 42: 109~ 124
16 张儒瑗, 从柏林. 矿物温度计和矿物压力计. 北京: 地质出版社, 1983. 280

(1998-08-24 收稿, 1999-01-26 收修改稿)