# 鲁苏榴辉岩的成因与演化®

**韩宗珠 王来明 张自桓** 

提 要 鲁苏榴辉岩呈构造块体赋存于 5 种岩石类型中:(1)片麻岩;(2)石榴石橄榄岩;(3)大理 岩;(4)石英岩;(5)阳起片岩。原岩属拉斑玄武质系列,并表现出由富 MgO 向富铁和富碱质演化,仅 青岛榴辉岩属钙碱质;矿物化学研究表明,鲁苏榴辉岩属地幔成因和地壳成因。温度估算结果表明, 鲁苏榴辉岩平衡温度为 880~1100℃和 600~700℃,前者代表变质高峰期温度,后者则代表退变质 温度。据鲁苏榴辉岩中柯石英的普遍出现推断其变质高峰期压力为 2.8GPa 左右。根据鲁苏榴辉岩 的同位素年龄确定它们形成于三叠纪早期华南陆块与华北陆块的碰撞俯冲作用。 关键词 榴辉岩 岩石化学 矿物化学 鲁苏 PTt 轨迹

八十年代国际岩石圈计划实施以来, 榴辉岩研究取得了长足进展, 并先后召开了三次国际 榴辉岩会议(法国克勒蒙弗朗, 1982; 奥地利维也纳, 1985; 德国乌斯堡, 1989), 使得榴辉岩成为 解释板块构造运动机制、大陆推覆构造及莫霍面性质的一类关键性指示岩石。

我国山东东都,东南部及江苏北部大量出露榴辉岩类岩石,是世界上最大的榴辉岩集中分 布区之一,它们严格分布于嘉山—响水深断裂以北、郯庐断裂带以东、五莲—青岛断裂以南及 米山断裂以东的苏鲁沿海地区,东侧没入黄海,构成一北东向延伸的巨型榴辉岩带(图1)。

1 区域地质背景

鲁苏榴辉岩省除大量分布榴辉岩外,还广泛出露石榴石橄榄岩和石榴石麻粒岩,以及具重 要构造背景指示意义的碱性岩和偏碱性花岗岩。

区内广泛出露具塑性流变特征的构造片麻岩,变质岩地层呈长透镜状夹于构造片麻岩中。 根据构造片麻岩的 U-Pb 锆石年龄为 750~900Ma<sup>②</sup>,确定为晚元古宙构造变质作用的产物, 变质相从角闪岩相至麻粒岩相。区内广泛发育韧性剪切带,规模大小不一,大者长达几十公里, 宽数公里;小者长仅数十米,宽数米,多呈 NE 向,威海地区多为 NNE、SN 至 NNW 向。韧性剪切 带中褶皱、揉皱强烈发育,许多榴辉岩呈透镜体或石香肠夹于其中,且多位于褶皱的核部或鞍

① 山东省地矿局科技基金资助项目。参加工作的还有刘贵章、赵广涛、毛振业和张希道等。

② 山东省地矿局区调队、青岛海洋大学,鲁东榴辉岩地质,科研报告(打印稿),1991



图例说明:1. 第四系 2. 白垩系 3. 胶南群 4. 东海群 5. 早前寒武纪结晶基底 6. 燕山期偏碱性花岗岩 7. 燕山期正长岩 8. 晚元古代片麻状花岗岩 9. 断裂及推测断裂 10. 区域片麻理走向 11. 韧性变形带及走向 12. 取样点位及编号

## 图 1. 鲁苏榴辉岩省地质略图

Fig. 1 Geological sketch map of Shandong and Jiangsu eclogites province

部。

### 表 [ 鲁苏榴辉岩的化学分析结果(重量百分含量)

采祥地点	威爆炸龙王家	荣成迟家店	荣成大喧	荣成鲍村	荣成靜家	青島仰口	诸城万家构	临沭石门	日照梭罗树	东海蒋庄	
样品号	EcpVI-9	Ec2-2	Ecpl – 4	Ec9-1	EcpV-8	Ecp7-2	Ec31-2	Ec13-2	Ecp9-7	Ec11-6	-
围岩类型	石英岩	石榴石橄榄岩	片麻岩	片麻岩	片麻岩	片麻岩	片麻岩	片麻岩	石榴石橄欖岩	片麻岩	-
SiO2	49.74	46.40	46.02	47.35	45.19	52.50	45. 62	46. 86	43. 40	44. 98	-
TiO <sub>2</sub>	1. 02	Q. 27	9. 44	0.34	0.39	1.10	1.30	1.30	2.05	2. 20	-
A12O3	9. 54	17.95	15.37	17.58	17.34	18.62	16. 98	16.40	11.83	20. 55	-
Fe2O3	1.26	0.44	1.59	0.36	0.73	2.63	1.65	1. 55	1.60	1. 99	-
FeO	10.65	E. 28	7.75	5.95	6.96	6.78	11.08	10.66	5.76	10.68	-
MBO	fi 17	0.16	û. 15	0.11	5.13	0.18	0.14	0.20	0.09	0.17	-
MgO	11. 59	13. 02	16.0ō	11.30	13 14	3. 02	7.44	6.63	13. 56	4. 34	-
CaO	12.85	11.51	11. 51	14.58	11.76	8.02	12.77	11.12	19. 53	11.66	-
Ns20	1. 36	1.24	1.12	1. 48	1.77	4. 51	1.65	3.06	0.45	2. 71	-
K20	0.20	0.24	0. 20	0.24	0.24	1.22	0.27	0.27	0. 27	0. 27	-
P2O5	0.12	0.05	0.02	0.07	Ú. 08	0.50	0. 20	0. 45	0.10	0. 20	-
H2O+	0.92	0. 22	0. 47	<b>0</b> . 56	1.50	0. 61	0.04	1.15	1. 62	0, 03	-
CO2	0.06	0.08	0.08	0. 68	0.07	0.04	0. 02	0. 12	0.06	0.04	-
总量	99. 59	100. 81	100.83	99.68	99.71	100. 44	100.87	99. 45	99. 54	99.75	-
MgO/FeO ·	0.99	1.50	1.75	1.80	1. 72	0. 33	0. 59	0. 55	1.88	0.35	-

Table 1 Chemical analysis of eclogites from Shandong and Jiangsu(in wt%)

 $\mathbf{FeO} \bullet = \mathbf{FeO} + \mathbf{0}.\ \mathbf{9} \times \mathbf{Fe}_2\mathbf{O}_3$ 

分析者:山东省区调队实验室

鲁苏榴辉岩集中出露于威海羊亭一海头院、荣成大疃一滕家、文登候家一前岛、青岛仰口、 胶南王台一薛家庄、诸城桃行一张戈庄、日照梭罗树一岚山头、莒南洙边、临沭石门和江苏东

海、赣榆及新沂 榴辉岩呈透镜状、条带状及香肠状、岩体大小不一,大者近 1km<sup>2</sup>,小者长不足 1m,长宽比多为 1/3~1/5。岩体边界面产状与围岩片麻理一致,呈整合接触关系。围岩类型复 杂,归纳起来主要有 5 种类型:(1)片麻岩类,最为常见;(2)石榴石橄榄岩,见于荣成迟家店、日 照梭罗树、江苏东海芝麻坊和蒋庄;(3)大理岩,见于荣成马草夼;(4)石英岩,见于威海沙龙王 家;(5)阳起片岩,见于威海海头院及羊亭等地。

2 岩石学特征

2.1 岩相学

根据鲁苏榴辉岩的矿物组合和结构构造特点,可将其划分为以下5种类型。

2.1.1 狭义榴辉岩 由近等量的石榴石和单斜辉石组成,含极少量的石英和金红石,时有 柯石英出现。岩石多呈中粗粒花岗变晶结构,块状构造或斑杂构造。其围岩多为石榴石橄榄岩, 荣成地区片麻岩中也有此类榴辉岩。

2.1.2 **石英榴辉岩** 矿物组合为石榴石+单斜辉石+石英+金红石+蓝晶石+角闪石,石 英含量为 5~10%,个别高达 20%。柯石英时常出现。岩石呈中粗-中细粒花岗变晶结构,条 带状构造及片麻状构造。此类榴辉岩最为常见。

2.1.3 白云母榴辉岩 矿物组合为石榴石+ 单斜辉石+白云母+石英+金红石+角闪石,白 云母含量为10~20%,为退变质形成,金红石含 量相对较高(>2%)。岩石呈中粗粒鳞片粒状变晶 结构,片麻状及条带状构造。主要出露于苏北鲁南 地区,威海一荣成地区少见。

2.1.4 **合晶榴辉岩** 这类榴辉岩+分普遍,其 特征是绿辉石分解为由透辉石+钠长石±石英组 成的后成合晶,多呈旋卷构造或流动构造,反映了 它们是在榴辉岩上升过程中分解形成。在合晶榴 辉岩中石榴石边部常退变成次闪石。

2.1.5 **榴闪岩** 矿物组合为石榴石+角闪石 +石英+金红石±透辉石。岩石呈中细粒纤状粒 状变晶结构,片麻状及条带状构造,是榴辉岩退变 后重结晶形成。



说明:1. 石英岩中榴辉岩 2. 石榴石橄榄岩中榴辉 岩 3. 片麻岩中榴辉岩

图 2 鲁苏榴辉岩的 AFM 图解

Fig. 2 Diagram of Na<sub>2</sub>O + K<sub>2</sub>O) - FeO<sup>•</sup> - MgO for eclogites from Shandong and Jiangsu

在鲁苏榴辉岩中,柯石英广泛出露,大多已退变为α石英多晶集合体,但仍保存柯石英假 象,仅在个别地点尚存在柯石英<sup>[1,2]</sup>,赋存柯石英及其假象的主要矿物为石榴石,其次为单斜辉 石,放射状胀裂纹十分发育。

2.2 岩石化学

鲁苏榴辉岩 10 个典型样品的化学分析结果列入表 1 中。

从表 1 中可以看出,石榴石橄榄岩中的榴辉岩及荣成地区片麻岩中的榴辉岩 SiO<sub>2</sub>=43~47%,MgO=11~16%,MgO/FeO\*=1.5~1.9(FeO\*为全铁),与 R. G. Coleman 等<sup>[3]</sup>的 A 类榴辉岩相当;青岛仰口片麻岩中的榴辉岩 MgO=3%,SiO<sub>2</sub>=52.5%,相当于 C 类榴辉岩;其它榴辉岩则相当于 B 类榴辉岩。

图 2 为鲁苏榴辉岩的 AFM 图解。从图中可以看出,除青岛仰口榴辉岩属钙碱质系列之外, 其余均为拉斑玄武质系列,并表现出由富镁向富铁和富碱演化。

3 矿物化学及其 PTt 轨迹

3.1 矿物化学

3.1.1 **石榴石** 鲁苏榴辉岩中 18 个石榴石的电子探针分析结果列入表 2 中,同时列出其 端元组分百分含量。

#### 表 2 鲁苏榴辉岩中石榴石的电子探针分析结果(重量%)

Table 2 Electronprobe analysis of garnets in eclogites

from Shandong	and	Jiangsu	(in	wt%)	
---------------	-----	---------	-----	------	--

取样地点	威海沙龙王家	荣成海头院	荣成大疃	荣成迟家店	荣成鲍村	荣成马草夼	荣成滕家	荣成南巷	文登西泊
样品号	EcpVI-9	Ec24-2	EcpI - 4	Ec2-2	Ec9-1	EcpIV-5	EcpV-8	Ec19-1	Ec21-1
围岩类型	石英岩	片麻岩	片麻岩	石榴石橄榄岩	片麻岩	大理岩	片麻岩	片麻岩	片麻岩
SiO <sub>2</sub>	38. 57	39. 11	40. 58	41.63	10. 72	39.14	41.05	39. 33	10. 54
TiO <sub>2</sub>	0. 07	0. 03	0. 02	0. 00	0.11	0. 02	0. 03	0. 03	0. 09
A12O3	21. 95	21.75	22. 90	23. 50	21.75	22. 04	22.75	22.11	21. 58
FeO •	25. 78	22.65	12.64	12.08	11.17	15. 53	12.15	19.07	15, 81
MnO	1.05	0. 53	0. 29	0.16	0. 32	0. 16	0. 28	0. 54	0. 12
MgO	6. 08	8.70	14. 94	12. 46	9.65	4. 91	15.18	11.01	10. 26
CaO	5. 99	6. 51	6.53	9.95	11.86	16, 20	7.97	6.59	9.10
Na <sub>2</sub> O	0. 05	0.02	0. 02	0. 02	0.01	0. 03	0. 03	0. 02	0.56
<b>К</b> 2 <b>О</b>	0. 03	0. 01	0. 02	0. 01	0. 03	0. 03	002	0. 03	0.04
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0. 20	0.06	0.07	0. 05	0.06	0. 09	0. 08	0. 10	0. 07
总量	99.76	99.70	98.11	99.86	98.68	98. 46	99. 54	98. 83	98. 47
M٠	0.29	0. 41	0. 67	0. 64	0.61	0.35	0.70	0. 51	0.53
Trau	0. 7	0. 2	0. 2	0.2	0. 2	0. 2	0. 2	0.1	• 0. 2
And	0. 0	1. 3	0.0	0.0	2. 0	0.0	1.8	1.3	0.6
Рут	23. 9	32.8	55. 1	47.0	36.5	19. 2	55.1	41.5	39.8
Spe	. 2. 3	1.1	0.6	0.3	0.7	1. 0	0.6	1.2	0.9
Gro	16. 3	17.6	17.4	26. 9	38. 2	45. 5	18.7	16.5	24. 5
Alm	56. 8	47.0	26.3	25.6	22. 3	34. 1	23.6	39. 5	34.0

取样地点	荣成邱家	青岛仰口	胶南王台	诸诚崔家沟	日照岚山头	日照梭罗树	莒南洙边	临沭石门	东海蒋庄
样品号	Ec22-1	Ecp7-2	Ec29-1	Ec32-1	Ec37-1	Ecp9-5	Ec42-1	Ec43-2	Ec44-6
围岩类型	片麻岩	片麻岩	片麻岩	片麻岩	片麻岩	石榴石橄榄岩	片麻岩	片麻岩	片麻岩
SIO <sub>2</sub>	39. 37	40. 55	39.07	40.00	39.96	40. 05	39.19	39.63	39. 39
TiO <sub>2</sub>	0.05	0. 02	0. 03	0.04	0. 03	0. 02	0. 20	0.00	0.03
A12O3	21.81	22. 38	22.13	22. 33	21.64	22. 58	22. 16	22. 49	21.46
FeO	15.66	21.37	26.15	23. 29	22. 86	10. 58	24. 99	19.83	20. 99
МлО	0. 43	0.57	0.50	0. 48	0. 54	0.10	0. 48	0. 89	0. 22
MgO	7.40	4. 43	4.66	6. 54	6. 53	9.46	4. 57	6.82	3.14
CaO	15.10	11.69	6.71	7. 29	7.06	15. 69	7.40	8. 86	13.88
Na <sub>2</sub> O	0.06	0. 01	0.15	0. 02	0. 02	0. 01	0.00	0.02	0.00
K <sub>2</sub> O	0. 03	0. 01	0. 02	0. 00	0. 01	0. 00	0.00	0.01	0. 02
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0. 07	0. 04	0. 02	0. 03	0. 02	0. 45	0. 04	0. 02	0. 03
	99. 98	101.06	99. 44	100. 01	98.67	99. 55	99. 03	98.57	99.16
M *	0. 47	0. 27	0. 24	0. 33	0. 33	0.61	0. 24	0. 37	0. 21
Trau	0. 2	0. 1	0. 1	0. 1	0.1	1.3	0. 2	0.1	0. 1
And	3. 5	0. 0	0. 0	0. 0	0.0	0. 0	0.0	0.0	0. 0
Рут	27.8	17.6	19.0	26. 0	26. 3	35. 4	18. 9	27.4	12.6
Spe .	0. 9	1.2	1. 2	1.0	1. 2	0. 2	1.2	2. 1	0.5
Gro	37.0	33. 4	19. 7	20. 9	20. 6	40. 9	21. 9	25.6	39. 7
Alm	30.6	47.6	60. 0	52. 0	51.8	22. 2	57.9	44.8	47.1

**续表**2

 $M * = Mg/(Mg+Mn+Fe^{2+})$ 

Trau-钙铬榴石 And-钙铁榴石 Pyr-镁铝榴石 Spe-锰铝榴石

Gro-钙铝榴石 Alm-铁铝榴石

分析者:湖南省矿产测试利用研究所盛兴土

从表中看出石榴石橄榄岩及荣成地区片麻岩中榴辉岩中的石榴石相对富含镁铝榴石 (Pyr)组分,Pyr为35-55%,其余榴辉岩中石榴石的镁铝榴石组分含量相对较低(Pyr< 30%)。在鲁苏榴辉岩中石榴石端元组分判别图解<sup>[4]</sup>(图3)上,鲁苏榴辉岩中的石榴石位于A 类榴辉岩区以及B类与C类榴辉岩的重合区,结合表2可见,A类榴辉岩主要为石榴石橄榄岩 及荣成片麻岩中的榴辉岩,其余应主要属B类榴辉岩,青岛仰口片麻岩中的榴辉岩含特征矿物 蓝闪石<sup>[5]</sup>,故应归入C类榴辉岩。

图 4 为石榴石的 Mg/(Mg+Mn+Fe<sup>2+</sup>)-Ca<sup>2+</sup>相关性判别图解<sup>[6]</sup>,从图中可以看出,它们 属于地幔成因和地壳成因两种类型。与表 2 中的 M<sup>\*</sup>值相对比,石榴石橄榄岩及荣成片麻岩中 的榴辉岩主要为地幔成因,苏北鲁南片麻岩中的榴辉岩则主要为地壳成因,青岛仰口榴辉岩位 于蓝闪片岩相榴辉岩区。这与图 2 的判别结果基本一致。大理岩中榴辉岩的成因问题尚需进 一步研究。

3.1.2 单斜辉石

鲁苏榴辉岩中18个单斜辉石的电子探针分析结果列入表3中。

据分析结果,石榴石橄榄岩及大部分 荣成片麻岩中的榴辉岩,其单斜辉石贫 Na<sub>2</sub>O;其余榴辉岩中的单斜辉石相对富 Na<sub>2</sub>O。在单斜辉石分类图解<sup>[7]</sup>(图 5)上,石 榴石橄榄岩、大理岩、石英岩及大部分荣成 片麻岩中榴辉岩,其单斜辉石位于 Quad 辉 石区(Fe-Mg-Ca 辉石),其余为绿辉石;位 于 Quad 辉石区内的单斜辉石在图 5b 中分 类,石榴石橄榄岩与石英岩中榴辉岩的单 斜辉石均属透辉石,大理岩中榴辉岩的单 斜辉石周普通辉石,位于 Quad 区的片麻岩 中的榴辉岩,其单斜辉石为透辉石及普通 辉石。

3.2 鲁苏榴辉岩平衡温压估算及 PTt 轨迹

鲁苏榴辉岩中柯石英及其退变假象的 广泛存在为本区榴辉岩形成于 P>2.8GPa 的超高压条件提供了有力证据<sup>[1,2,8]</sup>。以压 力为 2.8GPa,利用石榴石一单斜辉石地质 温度计<sup>[9]</sup>计算的鲁苏榴辉岩平衡温 度列入表 4 中。从表中可见,鲁苏榴 辉岩平衡温度为 880~1100C及 600~700C两个区段,结合野外地 质背景和岩相学资料,可以推测前 者代表变质高峰期温度,后者代表 退变质温度。

依据鲁苏榴辉岩的岩相学特点 并结合平衡温度估算结果,推导出 的鲁苏榴辉岩 PTt 轨迹如图 6 所 示。进变质路径是由俯冲机制控制 下的温压增加经过相变线③、①和 ④到达变质高峰期;而退变质路径 是由构造抬升影响温压降低而由变 质高峰期向低温低压区变化,并沿 相变线⑤之上向相变线④和③移 动,退变质作用温压条件为T=600



说明:1.石英岩中榴辉岩 2.石榴石橄榄岩中榴辉岩 3.大 理岩中榴辉岩 4.片麻岩中榴辉岩

#### 图 3 鲁苏榴辉岩中石榴石组成判别图解

(据 J. F. Lovering, et al, 1969)

Fig. 3 Distinguish diagram of garnet component in eclogites from Shandong and Jiangsu (after Lovering, J. F., et al, 1969)



说明:ZC线以上:地幔成因、1、1、■一金伯利岩中的榴辉岩; Ⅳ-刚玉榴辉岩;

ZC 线以下:地壳成因, V 一麻粒岩相榴辉岩; VI 一角闪岩相榴 辉岩; VI 一蓝闪片岩相榴辉岩; 代号同图 3

- 图 4 鲁苏榴辉岩中石榴石的 Mg/(Mg+Mn+Fe<sup>2+</sup>)--Ca<sup>2+</sup>相 关性图解(振从柏林等,1977)
- Fig. 4 Correlation diagram of  $Mg/(Mg+Mn+Fe^{2+})-C^{2+}$  for garnets in eclogites from Shandong and Jiangsu(after Cong

Bolin, et al, 1977)







4 鲁苏榴辉岩的成因与 演化

从上述鲁苏榴辉岩的成岩平衡温压条件 和 PTt 轨迹来看,其变质高峰期为 T=880-1100 C和 P>2.8GPa,如此高的温压条件是 地壳厚度范围内难以达到的,必然要借助于 地壳加厚效应及外来应力,即由华南陆块与 华北陆块间的碰撞俯冲机制及后期推覆挤压 所引起,其证据除上述平衡温压估算及其 PTt 轨迹之外,还有以下证据:

(1)鲁苏榴辉岩省位于华南陆块与华北 陆块之间,其中的变质地层的岩石类型在两 侧陆块中都能见到。

(2)鲁苏榴辉岩省内广泛分布的构造片 麻岩 U-Pb 锆石年龄为 750~900Ma,与华 南陆块的晋宁运动相当,推测为华南陆块俯 冲于华北陆块之下变质重结晶形成。

(3)鲁苏榴辉岩省内超基性岩的广泛出 露及榴辉岩产状类型的复杂性表明了它们经历了后期推覆及挤压抬升。



说明: 1, Chopm(1981) ②Newton(1986) ③Holland(1980)
④Massone(1984) ⑤Green 和 Ringwood(1972) Om 绿辉石 Ky-蓝晶石 Pg-钠云母 Jd-硬玉 Q-石英
Ab-钠长石 Tc-滑石 Phe-多硅白云母 Sill-砂线
石 And-红柱石

#### 图 6 鲁苏榴辉岩的 PTt 轨迹

Fig. 6 PTt oribit of eclogites from Shandong and Jiangsu

露及榴辉岩产状类型的复杂性表明了它们经历了后期推覆及挤压抬升。 从鲁苏榴辉岩的锶同位素初始比值来看,超基性岩及荣成片麻岩中的榴辉岩为 0.704~ 0.705,与地幔成因榴辉岩相近,其它榴辉岩为 0.706-0.710,与地壳成因榴辉岩一致<sup>[10]</sup>,也证 明了鲁苏榴辉岩既有地幔成因,也有地壳成因。

### 表 3 鲁苏榴辉岩中单斜辉石的电子探针分析结果(重量%)

Table 3 Electronprobe analysis of clinopyroxenes in eclogites from Shandong and Jiangsu (in wt%)

取样地点	威海沙龙王家	荣成海头院	荣成大疃	荣成迟家店	荣成鲍村	荣成马草夼	荣成滕家	荣成南巷	文登西泊
	EcpVI-9	Ec24-2	Ecpl - 4	Ec2-2	Ec9-1	EcplV-5	EcpV-8	Ec19-1	Ec21-1
围岩类型	 石英岩	片麻岩	片麻岩	石榴石橄榄岩	片麻岩	大理岩	片麻岩	片麻岩	片麻岩
SiO <sub>2</sub>	54.38	56.27	56.68	55.64	55.62	55.61	55.72	56.72	54. 23
TiO <sub>2</sub>	0.04	0.05	0. 02	0.01	0.05	0.02	0.03	0.03	0.05
A12O3	4.58	8.79	3.62	7.27	7.75	5.01	9.27	4.55	8.66
FeO *	5. 18	4.06	2.54	1.70	1.68	6.76	1.79	4.35	6.51
MnO	0.12	0.06	0.05	0.09	0.05	0.14	0.11	0.10	0. 09
MgO	11.53	10.13	14.08	11.49	12.04	18.15	10.99	12.55	18.04
CaO	19.96	12.96	18.98	18.49	16.99	12.10	16.48	16.48	10.20
Na <sub>2</sub> O	2. 44	5.89	2.74	4.02	3.94	1.12	5.37	3.85	0.52
K <sub>2</sub> O	0. 02	0.03	0.03	0.03	0.03	0. 29	0.01	0.03	0.30
Cr2O3	0.06	0. 05	0.10	0. 22	0.19	0.07	0. 05	0.10	0.06
总量	98. 31	98. 29	98.84	100.07	98.34	99. 27	99.82	98.76	98.66
Jd	9. 9	24. 3	9.2	16.8	16.9	4.5	22. 7	12.4	2. 3
Ae	0.0	2.5	1.1	0.0	0.0	0.0	0.0	2.4	0.0
Q	90.1	73. 2	89.7	83. 2	83.1	95.5	77.3	85.2	97.7
Fs	10.1	3. 4	2.7	3.6	3. 7	12.4	4. 2	4. 2	12.6
En	40.1	48.2	49.4	44. 3	47.8	59.2	46.1	49.3	62.2
Wo	49.8	48.4	47.9	52.1	48.5	28.4	49.7	16.5	25, 2
取样地点	荣成邱家	青岛仰口	胶南王台	诸城崔家沟	日照岚山头	日照梭罗树	莒南洙边	临沭石门	东海蒋庄
取样地点 样品号	荣成邱家 Ec22-1	青岛仰口 Ecp7-2	胶南王台 Ec29-1	诸城崔家沟 Ec32-1	日照岚山头 Ec37-1	日照梭罗树 Ecp9-7	莒南洙边 Ec42-1	临沭石门 Ec43-2	东海蒋庄 Ec44-6
取样地点 样品号 围岩类型	<b>荣成邱家</b> Ec22-1 片麻岩	<b>青岛仰口</b> Ecp7-2 片麻岩	<b>胶南王台</b> Ec29-1 片麻岩	<b>诸城崔家沟</b> Ec32-1 片麻岩	日照岚山头 Ec37-1 片麻岩	日照梭罗树 Ecp9-7 石榴石橄榄岩	<b>莒南洙边</b> Ec42-1 片麻岩	临沭石门 Ec43-2 片麻岩	东海蒋庄 Ec44-6 片麻岩
取样地点 样品号 围岩类型 SiO <sub>2</sub>	<b>荣成邱家</b> Ec22-1 片麻岩 56.13	<b>青岛仰口</b> Ecp7-2 片麻岩 57.24	胶南王台 Ec29-1 片麻岩 55.84	<b>诸城崔家沟</b> Ec32-1 片麻岩 51.04	日照岚山头 Ec37-1 片麻岩 56.04	日照梭罗树 Ecp9-7 石榴石橄榄岩 57.74	莒南洙边 Ec42-1 片麻岩 55.76	临沭石门 Ec43-2 片麻岩 57.46	东海蒋庄 Ec44-6 片麻岩 60.03
取样地点 样品号 围岩类型 SiO <sub>2</sub> TiO <sub>2</sub>	荣成邱家       Ec22-1       片麻岩       56.13       0.03	青岛仰口 Ecp7-2 片麻岩 57.24 0.00	胶南王台 Ec29-1 片麻岩 55.84 0.03	诸城崔家沟 Ec32-1 片麻岩 51.04 0.21	日照岚山头 Ec37-1 片麻岩 56.04 0.00	日照梭罗树 Ecp9-7 石榴石橄榄岩 57.74 0.00	<b>莒南洙边</b> <b>Ec</b> 42-1 片麻岩 55.76 0.00	临沭石门 Ect3-2 片麻岩 57.46 0.00	东海蒋庄 Ec44-6 片麻岩 60.03 0.01
取样地点 样品号 图岩类型 SiO <sub>2</sub> TiO <sub>2</sub> A1 <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	荣成邱家 Ec22-1 片麻岩 56.13 0.03 9.54	青岛仰口 Ecp7-2 片麻岩 57.24 0.00 17.32	胶南王台 Ec29-1 片麻岩 55.84 0.03 9.82	诸城崔家沟 Ec32-1 片麻岩 51.04 0.21 9.42	日照岚山头 Ec37-1 片麻岩 56.04 0.00 10.63	日照梭罗树 Ecp9-7 石榴石橄榄岩 57.74 0.00 0.81	莒南洙边 Ec42-1 片麻岩 55.76 0.00 10.98	临沭石门 Ec43-2 片麻岩 57.46 0.00 11.14	东海蒋庄 Ec44-6 片麻岩 60.03 0.01 19.57
取样地点 样品号 图岩类型 SiO2 TiO2 A12O3 FeO*	荣成邱家       Ec22-1       片麻岩       56.13       0.03       9.54       3.25	青岛仰口 Ecp7-2 片麻岩 57.24 0.00 17.32 3.72	胶南王台 Ec29-1 片麻岩 55.84 0.03 9.82 5.93	诸城崔家沟 Ec32-1 片麻岩 51.04 0.21 9.42 15.16	日照岚山头 Ec37-1 片麻岩 56.04 0.00 10.63 3.77	日照梭罗树 Ecp9-7 石榴石橄榄岩 57.74 0.00 0.81 1.69	莒南洙边 Ec42-1 片麻岩 55.76 0.00 10.98 5.53	临沭石门 Ec43-2 片麻岩 57.46 0.00 11.14 3.05	东海蒋庄 Ec44-6 片麻岩 60.03 0.01 19.57 3.29
取样地点 样品号 图岩类型 SiO2 TiO2 A12O3 FeO・ MnO	荣成邱家       Ec22-1       片麻岩       56.13       0.03       9.54       3.25       0.06	青岛仰口 Ecp7-2 片麻岩 57.24 0.00 17.32 3.72 0.01	胶南王台 Ec29-1 片麻岩 55.84 0.03 9.82 5.93 0.02	诸城崔家沟 Ec32-1 片麻岩 51.04 0.21 9.42 15.16 0.27	日照岚山头 Ec37-1 片麻岩 56.04 0.00 10.63 3.77 0.04	日照梭罗树 Ecp9-7 石榴石橄榄岩 57.74 0.00 0.81 1.69 0.02	莒南洙边 Ec42-1 片麻岩 55.76 0.00 10.98 5.53 0.07	临沭石门 Ec43-2 片麻岩 57.46 0.00 11.14 3.05 0.04	东海将庄       Ec44-6       片麻岩       60.03       0.01       19.57       3.29       0.00
取样地点 样品号 開岩类型 SiO2 TiO2 A12O3 FeO・ MnO MgO	荣成邱家       Ec22-1       片麻岩       56.13       0.03       9.54       3.25       0.06       9.36	青岛仰口 Ecp7-2 片麻岩 57.24 0.00 17.32 3.72 0.01 3.91	胶南王台 Ec29-1 片麻岩 55.84 0.03 9.82 5.93 0.02 7,70	诸城崔家沟 Ec32-1 片麻岩 51.04 0.21 9.42 15.16 0.27 11.74	日照岚山头 Ec37-1 片麻岩 56.04 0.00 10.63 3.77 0.04 8.98	日照梭罗树 Ecp9-7 石榴石橄榄岩 57.74 0.00 0.81 1.69 0.02 17.40	莒南洙边 Ec42-1 片麻岩 55.76 0.00 10.98 5.53 0.07 7.15	临沭石门 Ec13-2 片麻岩 57.46 0.00 11.14 3.05 0.04 8.25	东海蒋庄 Ec14-6 片麻岩 60.03 0.01 19.57 3.29 0.00 2.00
取样地点 样品号 開岩类型 SiO2 TiO2 A12O3 FeO・ MnO MgO CaO	荣成邱家       Ec22-1       片麻岩       56.13       0.03       9.54       3.25       0.06       9.36       13.90	青岛仰口 Ecp7-2 片麻岩 57.24 0.00 17.32 3.72 0.01 3.91 6.38	胶南王台 Ec29-1 片麻岩 55.84 0.03 9.82 5.93 0.02 7,70 12.13	诸城崔家沟 Ec32-1 片麻岩 51.04 0.21 9.42 15.16 0.27 11.74 10.61	日照岚山头 Ec37-1 片麻岩 56.04 0.00 10.63 3.77 0.04 8.98 14.21	日照梭罗树 Ecp9-7 石榴石橄榄岩 57.74 0.00 0.81 1.69 0.02 17.40 31.38	莒南洙边 Ec42-1 片麻岩 55.76 0.00 10.98 5.53 0.07 7.15 11.65	临沭石门 Ec43-2 片麻岩 57.46 0.00 11.14 3.05 0.04 8.25 12.56	东海蒋庄 Ec14-6 片麻岩 60.03 0.01 19.57 3.29 0.00 2.00 4.09
取样地点 样品号 開岩类型 SiO2 TiO2 A12O3 FeO・ MnO MgO CaO Na2O	荣成邱家       Ec22-1       片麻岩       56.13       0.03       9.54       3.25       0.06       9.36       13.90       6.19	青岛仰口 Ecp7-2 片麻岩 57.24 0.00 17.32 3.72 0.01 3.91 6.38 10.45	胶南王台 Ec29-1 片麻岩 55.84 0.03 9.82 5.93 0.02 7,70 12.13 6.92	诸城崔家沟 Ec32-1 片麻岩 51.04 0.21 9.42 15.16 0.27 11.74 10.61 2.19	日照岚山头 Ec37-1 片麻岩 56.04 0.00 10.63 3.77 0.04 8.98 14.21 6.24	日照梭罗树 Ecp9-7 石榴石橄榄岩 57.74 0.00 0.81 1.69 0.02 17.40 31.38 0.65	莒南洙边 Ec42-1 片麻岩 55.76 0.00 10.98 5.53 0.07 7.15 11.65 7.38	临沭石门 Ec43-2 片麻岩 57.46 0.00 11.14 3.05 0.04 8.25 12.56 7.12	东海蒋庄 Ec44-6 片麻岩 60.03 0.01 19.57 3.29 0.00 2.00 4.09 10.78
取样地点 样品号 開岩类型 SiO2 TiO2 A12O3 FeO・ MnO MgO CaO Na2O K2O	荣成邱家       Ec22-1       片麻岩       56.13       0.03       9.54       3.25       0.06       9.36       13.90       6.19       0.03	青岛仰口 Ecp7-2 片麻岩 57.24 0.00 17.32 3.72 0.01 3.91 6.38 10.45 0.00	胶南王台 Ec29-1 片麻岩 55.84 0.03 9.82 5.93 0.02 7,70 12.13 6.92 0.01	诸城崔家沟 Ec32-1 片麻岩 51.04 0.21 9.42 15.16 0.27 11.74 10.61 2.19 0.23	日照岚山头 Ec37-1 片麻岩 56.04 0.00 10.63 3.77 0.04 8.98 14.21 6.24 0.01	日照梭罗树 Ecp9-7 石榴石橄榄岩 57.74 0.00 0.81 1.69 0.02 17.40 31.38 0.65 0.00	莒南朱边 Ec42-1 片麻岩 55.76 0.00 10.98 5.53 0.07 7.15 11.65 7.38 0.01	临沐石门 Ec43-2 片麻岩 57.46 0.00 11.14 3.05 0.04 8.25 12.56 7.12 0.01	东海蒋庄 Ec44-6 片麻岩 60.03 0.01 19.57 3.29 0.00 2.00 4.09 10.78 0.01
取样地点 样品号 開岩类型 SiO2 TiO2 A12O3 FeO・ MnO MgO CaO Na2O K2O K2O Cr2O3	荣成邱家       Ec22-1       片麻岩       56.13       0.03       9.54       3.25       0.06       9.36       13.90       6.19       0.03       0.03       0.04	青岛仰口 Ecp7-2 片麻岩 57.24 0.00 17.32 3.72 0.01 3.91 6.38 10.45 0.00 0.00	胶南王台 Ec29-1 片麻岩 55.84 0.03 9.82 5.93 0.02 7,70 12.13 6.92 0.01 0.04	诸城崔家沟 Ec32-1 片麻岩 51.04 0.21 9.42 15.16 0.27 11.74 10.61 2.19 0.23 0.04	日照岚山头 Ec37-1 片麻岩 56.04 0.00 10.63 3.77 0.04 8.98 14.21 6.24 0.01 0.03	日照梭罗树 Ecp9-7 石榴石橄榄岩 57.74 0.00 0.81 1.69 0.02 17.40 31.38 0.65 0.00 0.08	莒南珠边 Ec42-1 片麻岩 55.76 0.00 10.98 5.53 0.07 7.15 11.65 7.38 0.01 0.14	临沐石门 Ec43-2 片麻岩 57.46 0.00 11.14 3.05 0.04 8.25 12.56 7.12 0.01 0.00	东海蒋庄 Ec44-6 片麻岩 60.03 0.01 19.57 3.29 0.00 2.00 4.09 10.78 0.01 0.03
取样地点 样品号 照岩类型 SiO2 TiO2 A12O3 FeO・ MnO MgO CaO Na2O K2O Cr2O3 总量	荣成邱家       Ec22-1       片麻岩       56.13       0.03       9.54       3.25       0.06       9.36       13.90       6.19       0.03       98.56	青岛仰口 Ecp7-2 片麻岩 57.24 0.00 17.32 3.72 0.01 3.91 6.38 10.45 0.00 0.00 99.03	胶南王台 Ec29-1 片麻岩 55.84 0.03 9.82 5.93 0.02 7,70 12.13 6.92 0.01 0.04 98.44	诸城崔家沟 Ec32-1 片麻岩 51.04 0.21 9.42 15.16 0.27 11.74 10.61 2.19 0.23 0.04 99.91	日照岚山头 Ec37-1 片麻岩 56.04 0.00 10.63 3.77 0.04 8.98 14.21 6.24 0.01 0.03 99.95	日照梭罗树 Ecp9-7 石榴石橄榄岩 57.74 0.00 0.81 1.69 0.02 17.40 31.38 0.65 0.00 0.08 99.77	莒南珠边 Ec42-1 片麻岩 55.76 0.00 10.98 5.53 0.07 7.15 11.65 7.38 0.01 0.14 98.67	临沐石门 Ec43-2 片麻岩 57.46 0.00 11.14 3.05 0.04 8.25 12.56 7.12 0.01 0.00 99.62	东海蒋庄 Ec44-6 片麻岩 60.03 0.01 19.57 3.29 0.00 2.00 4.09 10.78 0.01 0.03 99.81
取样地点 样品号 照岩类型 SiO2 TiO2 A12O3 FeO・ MnO MgO CaO Na2O K2O Cr2O3 意量 Jd	柴成邱家       Ec22-1       片麻岩       56.13       0.03       9.54       3.25       0.06       9.36       13.90       6.19       0.03       0.04       98.56       26.7	青岛仰口 Ecp7-2 片麻岩 57.24 0.00 17.32 3.72 0.01 3.91 6.38 10.45 0.00 0.00 99.03 56.2	胶南王台 Ec29-1 片麻岩 55.84 0.03 9.82 5.93 0.02 7,70 12.13 6.92 0.01 0.04 98.44 29.5	诸城崔家沟 Ec32-1 片麻岩 51.04 0.21 9.42 15.16 0.27 11.74 10.61 2.19 0.23 0.04 99.91 9.3	日照岚山头 Ec37-1 片麻岩 56.04 0.00 10.63 3.77 0.04 8.98 14.21 6.24 0.01 0.03 99.95 33.0	日照梭罗树 Ecp9-7 石榴石橄榄岩 57.74 0.00 0.81 1.69 0.02 17.40 31.38 0.65 0.00 0.08 99.77 1.9	莒南朱边 Ec42-1 片麻岩 55.76 0.00 10.98 5.53 0.07 7.15 11.65 7.38 0.01 0.14 98.67 32.3	临沐石门 Ec43-2 片麻岩 57.46 0.00 11.14 3.05 0.04 8.25 12.56 7.12 0.01 0.00 99.62 31.7	东海蒋庄 Ec44-6 片麻岩 60.03 0.01 19.57 3.29 0.00 2.00 4.09 10.78 0.01 0.03 99.81 67.4
取样地点 样品号 照岩类型 SiO2 TiO2 A12O3 FeO・ MnO MgO CaO Na2O K2O Cr2O3 意量 Jd Ae	柴成邱家       Ec22-1       片麻岩       56.13       0.03       9.54       3.25       0.06       9.36       13.90       6.19       0.03       0.04       98.56       26.7       0.9	青岛仰口 Ecp7-2 片麻岩 57.24 0.00 17.32 3.72 0.01 3.91 6.38 10.45 0.00 0.00 99.03 56.2 0.0	胶南王台 Ec29-1 片麻岩 55.84 0.03 9.82 5.93 0.02 7,70 12.13 6.92 0.01 0.04 98.44 29.5 4.5	诸城崔家沟 Ec32-1 片麻岩 51.04 0.21 9.42 15.16 0.27 11.74 10.61 2.19 0.23 0.04 99.91 9.3 0.0	日照岚山头 Ec37-1 片麻岩 56.04 0.00 10.63 3.77 0.04 8.98 14.21 6.24 0.01 0.03 99.95 33.0 0.0	日照梭罗树 Ecp9-7 石榴石橄榄岩 57.74 0.00 0.81 1.69 0.02 17.40 31.38 0.65 0.00 0.08 99.77 1.9 0.4	莒南珠边 Ec42-1 片麻岩 55.76 0.00 10.98 5.53 0.07 7.15 11.65 7.38 0.01 0.14 98.67 32.3 3.1	临沐石门 Ec43-2 片麻岩 57.46 0.00 11.14 3.05 0.04 8.25 12.56 7.12 0.01 0.00 99.62 31.7 1.7	东海将庄 Ec44-6 片麻岩 60.03 0.01 19.57 3.29 0.00 2.00 4.09 10.78 0.01 0.03 99.81 67.4 0.0
取样地点 样品号 照岩类型 SiO2 TiO2 A12O3 FeO・ MnO MgO CaO Na2O K2O Cr2O3 总量 Jd Ae Q	柴成邱家       Ec22-1       片麻岩       56.13       0.03       9.54       3.25       0.06       9.36       13.90       6.19       0.03       0.04       98.56       26.7       0.9       72.4	青岛仰口 Eep7-2 片麻岩 57.24 0.00 17.32 3.72 0.01 3.91 6.38 10.45 0.00 0.00 99.03 56.2 0.0 43.8	胶南王台 Ec29-1 片麻岩 55.84 0.03 9.82 5.93 0.02 7,70 12.13 6.92 0.01 0.04 98.44 29.5 4.5 66.0	诸城崔家沟 Ec32-1 片麻岩 51.04 0.21 9.42 15.16 0.27 11.74 10.61 2.19 0.23 0.04 99.91 9.3 0.0 90.7	日照岚山头 Ec37-1 片麻岩 56.04 0.00 10.63 3.77 0.04 8.98 14.21 6.24 0.01 0.03 99.95 33.0 0.0 67.0	日照梭罗树 Ecp9-7 石榴石橄榄岩 57.74 0.00 0.81 1.69 0.02 17.40 31.38 0.65 0.00 0.08 99.77 1.9 0.4 97.7	莒南珠边 Ec42-1 片麻岩 55.76 0.00 10.98 5.53 0.07 7.15 11.65 7.38 0.01 0.14 98.67 32.3 3.1 64.6	临沐石门 Ec43-2 片麻岩 57.46 0.00 11.14 3.05 0.04 8.25 12.56 7.12 0.01 0.00 99.62 31.7 1.7 66.6	东海将庄 Ec44-6 片麻岩 60.03 0.01 19.57 3.29 0.00 2.00 4.09 10.78 0.01 0.03 99.81 67.4 0.0 32.6
取样地点 样品号 照岩类型 SiO2 TiO2 A12O3 FeO・ MnO MgO CaO Na2O K2O Cr2O3 总量 Jd Ae Q Fs	柴成邱家       Ec22-1       片麻岩       56.13       0.03       9.54       3.25       0.06       9.36       13.90       6.19       0.03       0.04       98.56       26.7       0.9       72.4       6.3	青岛仰口     Ecp7-2     片麻岩     57.24     0.00     17.32     3.72     0.01     3.91     6.38     10.45     0.00     99.03     56.2     0.0     43.8     19.7	胶南王台 Ec29-1 片麻岩 55.84 0.03 9.82 5.93 0.02 7,70 12.13 6.92 0.01 0.04 98.44 29.5 4.5 66.0 6.4	诸城崔家沟 Ec32-1 片麻岩 51.04 0.21 9.42 15.16 0.27 11.74 10.61 2.19 0.23 0.04 99.91 9.3 0.0 90.7 30.5	日照岚山头 Ec37-1 片麻岩 56.04 0.00 10.63 3.77 0.04 8.98 14.21 6.24 0.01 0.03 99.95 33.0 0.0 67.0 9.9	日照梭罗树 Ecp9-7 石榴石橄榄岩 57.74 0.00 0.81 1.69 0.02 17.40 31.38 0.65 0.00 0.08 99.77 1.9 0.4 97.7 2.4	莒南珠边 Ec42-1 片麻岩 55.76 0.00 10.98 5.53 0.07 7.15 11.65 7.38 0.01 0.14 98.67 32.3 3.1 64.6 4.7	临沐石门 Ec43-2 片麻岩 57.46 0.00 11.14 3.05 0.04 8.25 12.56 7.12 0.01 0.00 99.62 31.7 1.7 66.6 2.6	东海将庄 Ec44-6 片麻岩 60.03 0.01 19.57 3.29 0.00 2.00 4.09 10.78 0.01 0.03 99.81 67.4 0.0 32.6 27.2
取样地点 样品号 照岩类型 SiO2 TiO2 A12O3 FeO・ MnO MgO CaO Na2O K2O Cr2O3 总量 Jd Ae Q Fs En	柴成邱家       Ec22-1       片麻岩       56.13       0.03       9.54       3.25       0.06       9.36       13.90       6.19       0.03       0.04       98.56       26.7       0.9       72.4       6.3       45.4	青岛仰口       Ecp7-2       片麻岩       57.24       0.00       17.32       3.72       0.01       3.91       6.38       10.45       0.00       99.03       56.2       0.0       43.8       19.7       37.0	胶南王台 Ec29-1 片麻岩 55.84 0.03 9.82 5.93 0.02 7,70 12.13 6.92 0.01 0.04 98.44 29.5 4.5 66.0 6.4 41.5	诸城崔家沟 Ec32-1 片麻岩 51.04 0.21 9.42 15.16 0.27 11.74 10.61 2.19 0.23 0.04 99.91 9.3 0.0 90.7 30.5 42.1	日照岚山头 Ec37-1 片麻岩 56.04 0.00 10.63 3.77 0.04 8.98 14.21 6.24 0.01 0.03 99.95 33.0 0.0 67.0 9.9 42.2	日照梭罗树 Ecp9-7 石榴石橄榄岩 57.74 0.00 0.81 1.69 0.02 17.40 31.38 0.65 0.00 0.08 99.77 1.9 0.4 97.7 2.4 51.9	莒南珠边 Ec42-1 片麻岩 55.76 0.00 10.98 5.53 0.07 7.15 11.65 7.38 0.01 0.14 98.67 32.3 3.1 64.6 4.7 40.2	临沐石门 Ec43-2 片麻岩 57.46 0.00 11.14 3.05 0.04 8.25 12.56 7.12 0.01 0.00 99.62 31.7 1.7 66.6 2.6 41.6	东海将庄 Ec44-6 片麻岩 60.03 0.01 19.57 3.29 0.00 2.00 4.09 10.78 0.01 0.03 99.81 67.4 0.0 32.6 27.2 29.5

Jd-硬玉 Ae- 第石 Q=Fs+En+Wo(Fe-Mg-Ca 辉石)

分析者:湖南省矿产测试利用研究所盛兴土

从榴辉岩的 Sm-Nd 等时年龄来看,荣成榴辉岩为 232Ma<sup>[11]</sup>,诸城榴辉岩为 222±6Ma<sup>①</sup>, 日照榴辉岩为 220Ma(李曙光),与大别山榴辉岩 230Ma<sup>[12]</sup>基本相当,反映了鲁苏榴辉岩的形 成时代为 220~230Ma,即华南陆块与华北陆块的碰撞俯冲事件发生在三叠纪早期。

① 韩宗珠、张自桓、王来明、1991,山东榴辉岩同位素年龄及其构造意义,地质科技通报,第10期,98~101

## 表 4 利用矿物地质温度计估算的鲁苏榴辉岩平衡温度

Table 4 Equilibrium temperature of eclogites from Shandong

and Jiangsu estimated by geothermometer

序号	样品号	石榴石		单斜辉石		XGt	KD	<b>T</b> (°C)
		Fe <sup>2+</sup>	Mg	Fe <sup>2+</sup>	Mg			
1	EcpVI-9	1.677	0. 705	0.160	0. 635	0.1735	9.44	661
2	Ec24-2	1. 425	0. 993	0. 084	0. 545	0. 1809	9. 31	669
3	Ecpl — 4	0. 783	1.649	0. 042	0.768	0.1756	8.69	681
4	<b>Ec</b> 22	0. 738	1. 356	0. 050	0.609	0.2709	6.63	827
5	Ec9-1	0.660	1.079	0. 050	0.646	0.4071	7.91	885
6	Ecp IV - 5	1.002	0.565	0. 203	0.971	0.4610	8. 48	906
7	EcpV-8	0. 707	1.655	0. 053	0. 582	0. 2090	4.69	882
8	Ec19-1	1.187	1.248	0.058	0.687	0. 1807	11.26	628
9	Ec21-1	1.001	1.172	0.195	0.961	0. 2558	4.21	963
10	Ec22-1	0. 923	0. 837	0.075	0. 503	0. 4108	7. 93	887
11	Ecp7-2	1. 355	0. 501	0.109	0. 205	0. 3386	5. 09	969
12	Ec29-1	1.705	0. 541	0.116	0. 417	0. 1999	11. 33	640
13	<b>Ec32</b> —1	1. 489	0.745	0. 466	0. 644	0. 2109	2.76	1094
14	Ec37-1	1. 489	0.762	0.112	0. 476	0. 2079	8.36	715
15	Ecp9—7	0.655	1.044	0.044	0. 949	0. 4229	13. 53	758
16	Ec42-1	1. 629	0. 532	0. 122	0. 385	0.2224	9.66	692
17	Ec43-2	1. 290	0.790	0.065	0. 434	0.2619	10.90	693
18	Ec44-6	1.367	0.365	0. 094	0.102	0. 4007	7.80	884

注:(1)X&=Ca/(Ca+Mg+Fe<sup>2+</sup>)

 $(2)Kd = (Fe^{2+}/Mg)_{Gt}/(Fe^{2+}/Mg)_{cpx}$ 

由于华南陆块与华北陆块的碰撞俯冲作用的加剧,深部形成的榴辉岩及地幔超基性岩抬 升,随后温压条件降低,发生榴辉岩的退变质作用,向合晶榴辉岩及榴闪岩转变,同时大部分柯 石英转变为α石英多晶集合体而保留柯石英的假象。

晚侏罗世之后,鲁东及苏北地区挤压应力场转变为拉张应力场,伸展拉张作用逐渐加剧, 鲁苏榴辉岩省得以进一步抬升,使得榴辉岩及超基性岩上升到地壳上部,并呈构造岩块赋存于 鲁苏混杂岩中。

## 参考文献

- Enami M and Zang Q. Quartz pseudomorphs after coesite in eclogites from Shandong province, east China. Am. Mineral., 75: 381~386
- 2 Hirajima T, Ishiwatera, Cong B, et al. Coesite from Mengzhong eclogite at Donghai county, northern Jiangsu province, China. Mineral. Mag., 1990, 54, 579~583

· |

- 3 Coleman R G, Lee D E, Beatty L B and Brannock W W. Eclogites and eclogites, their differences and similarities. Geol. Soc. Am. Bull. 1965, 76, 483~508
- 4 Lovering J F and white J. Granulite and eclogite inclusions from the basic pipes at Delegae, Australia. Contrib. Mineral. Petrol. 1969,21,9~52
- 5 韩宗珠,盛兴土,赵广涛,王文正,青岛C类榴辉岩的矿物岩石学特征及其地质意义,海洋湖沼通报,1990,4:23~30
- 6 从柏林,张雯华. 榴辉岩中的石榴石. 科学通报,1977,8:413~416
- 7 Morimoto N. 辉石命名法. 矿物学报, 1988, 4:289~305
- 8 Chopin C. Coesite and pure pyrope in high grade blueschists of the Western Alps; a first record and some consequences. Contrib. Mineral. Petrol. 1984,86:107~118
- 9 Ellis D J and Green D H. An experimental study of effect of Ca upon garnet-clinopyroxene Fe-Mg exchange equilibria. Contrib. Mineral. Petrol. 1979,71:13~22
- 10 Breucker H K. A crust origin for eclogites and mantle origin for garnet peridotites: strontium isotopic evidences from clinopyroxene. Contrib. Mineral. Petrol. 1977, 60:1~15
- 11 从柏林,张儒瑗,李曙光等,中国苏北一胶东南高压变质带的同位素地质年代学证据,中国科学院地质研究所岩石 圈构造演化开放研究实验室年报(1989-1990),北京;中国科学技术出版社,1991,68~72
- 12 李曙光,刘德良,葛宁洁等,大别山北翼大别群中C类榴辉岩的Sm-Nd同位素年龄及其构造意义,科学通报, 1989,7.322~325

## GENESIS AND EVOLUTION OF ECLOGITES FROM SHANDONG AND JIANGSU PROVINCES

Han Zong:hu

Wang Laiming Zhang Zihuan

(Department of Marine Geology Ocean University of Quadito Quadito) (Regional Geological Survey Team of Shaudang Province Acadima)

### Abstract

The eclogites from Shandong and Jiangsu provinces occur as structure masses within 1)gneiss;2) garnet peridotite;3)marble; 1)quartzite;5) actinolite schist. The primary rocks were tholeiite series showing evolution of enrichment from Mgo to FeO and  $Na_2O + K_2O$ . Only eclogite at Qingdao belongs to calci—alkalic series. Mineral chemistry indicates that the eclogites belong to mantle and crust genesis. Equilibrium estimated indicated the equilibrium temperature of 880 - 1100 C and 600 - 700 C, the former for the peak of metamorphism, and the later for the retrometamorphism. According to the coefficient widespreading in the eclogites it is infered that maximum pressure of metamorphism was about 3. () GPa. According to the isotopic ages they were formed by the southern China plate collision and dive to the northern China plate at Triassic period.