

与赣东北元古代蛇绿岩有关的高温、 高压变质岩和重变质作用机制的讨论*

周国庆 舒良树 吴洪亮

(南京大学地球科学系)

主题词: 高温、高压变质岩; 重变质作用

提 要: 赣东北蛇绿岩发育地区产出有高温和高压变质岩。高温变质岩包括多种角岩、透辉石岩和黄长石大理岩; 高压变质岩包括文石硬玉蓝片岩、硬柱石片状大理岩和红帘石硬绿泥石片岩。这两类变质岩仅见于元古界地层内, 空间分布上仅与本区蛇绿岩有关。在大陆边缘蛇绿岩发育期间, 有过一种岩浆作用——热变质作用, 高压变质作用叠加在高温变质作用之上, 暗示

* 本项目得到国家自然科学基金资助。

了高温变质岩与该蛇绿岩发育的洋盆早期拉张阶段的岩浆作用相对应, 高压变质岩则与洋盆晚期闭合阶段的构造作用相对应, 我们称这种机制为“重变质作用”, 与都城秋穗的“对变质作用”不同。

都城秋穗^[1]提出的变质相系和对变质作用对研究变质岩石学和板块构造都有过巨大的促进作用。然而, 近年来, 有的学者在都城提出的日本的三个对变质带中否定了两个^①, 因为空间上成对的变质带在时代上并不相同, 而时代相近的三波川—领家变质带对在空间上只“一线之隔”(表1)^[2]。E. G. Nisbet和C. M. R. Fowler(1982)^[3]认为对变质作用效应可以

表1 日本本州弧中区域变质事件初定年代表(都城秋穗, 1973)

Table 1 Tentative chronology of regional metamorphic events in the Hanshu Arc of Japan

事件 顺序号	地质年代	高压变质区(放射性同位素年龄)	主要的伴有花岗岩的同变质低压区 (放射性同位素年龄)
6	中新世到现代	未暴露(?)	日本东北部(3-25Ma)
5	侏罗纪到白垩纪	三波川带(110Ma); 部分的四十万带地体	领家带(约105Ma) 阿武隈高原(100-120Ma)
4	二叠纪到侏罗纪	西本州三郡带(160Ma)	飞弹IV(18-240Ma)
3	石炭纪	包括Omi区的环飞弹带 (320Ma)	飞弹III(320Ma) 舞鹤带(330Ma)
2	奥陶纪	城山(45Ma)	飞弹II(500Ma; 寒武—奥陶纪) 黑濑川带(430Ma)
1	前寒武纪	—	飞弹I(1,640Ma)

是推复构造作用和侵蚀作用引起的。俞鸿年等(1983)^[4]则认为我国东南沿海中生代陆相火山沉积岩系、高温变质带、混合岩带和花岗岩类岩石是俯冲潜没带强烈挤压和松弛的结果。这样一来, 都城的“对变质带”的成因变得多解了。赣东北不仅有元古代高压变质岩^[5], 而且还有高温变质岩, 为对变质作用的讨论提供了新资料, 而都城的对变质作用事实上仅仅与板块俯冲机制相联系。

赣东北高温、高压变质岩产出的地质背景

在江西东北部, 从弋阳经德兴至婺源有一条赣东北深断裂带^[6], 且发育基性、超基性岩。现已查明^{[7]②③}, 这些基性、超基性岩和中元古界漆工群里的辉绿岩、变质火山岩、硅质岩等实为一被肢解了的蛇绿岩套——赣东北蛇绿岩。大致以蛇绿混杂岩——深断裂带为界, 北西是中元古九岭群(1401Ma)为主的九岭地体, 南东是中元古界漆工群和上元古界上墅

① 谕访兼位, 在南京大学地质系的讲稿。

② 周国庆, 1981, 赣东北深断裂—超基性岩探索, 全国基性、超基性岩及蛇绿岩第一次讨论会论文摘要。

周国庆, 1988, 赣东北元古代蛇绿岩、高温、高压变质岩的发现及意义, 南京大学学报地质学专刊。

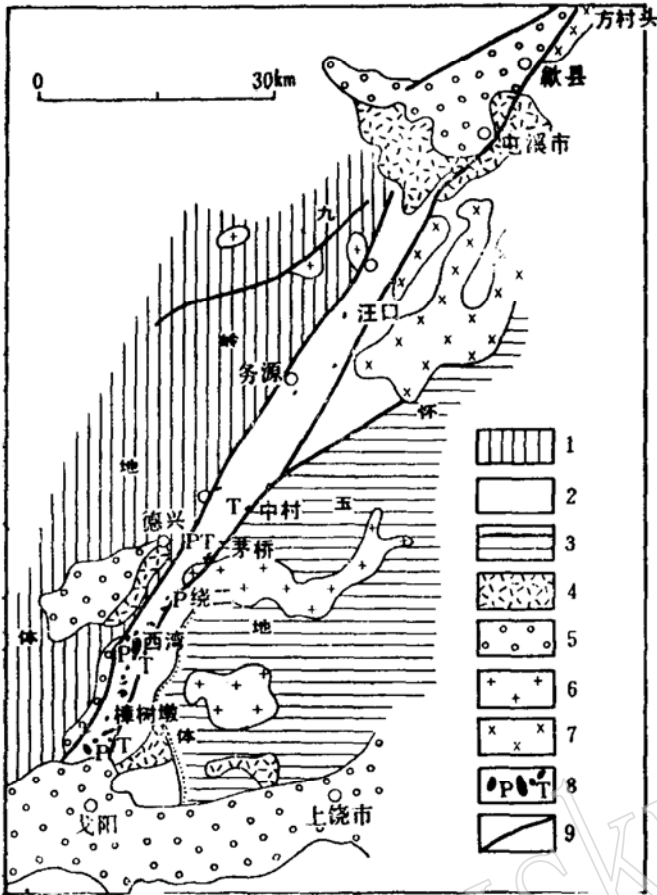


图1 赣东北区蛇绿岩及其相关的高温、高压变质岩地质略图

(据赣东北地质大队资料修改和补充)

Fig.1 The geological sketch map of Northeastern Jiangxi ophiolite and relevant high temperature-high pressure metamorphic rocks

1—九岭地体，九岭群；2—怀玉地体，漆工群；3—怀玉地体，震旦系—奥陶系；4—中生代火山岩；5—中生代盆地；6—雪峰期花岗岩(?)；7—燕山期花岗岩；8—具超基性岩标志的蛇绿岩和相关的高温(T)高压(P)变质岩；9—主干断裂

组(817Ma)为主的怀玉地体，因此可以认为，蛇绿混杂岩带——新裂带实际上是两地体的拼接带，蛇绿岩时代应在1401—817Ma之间^[8]。重要的是，这些高温、高压变质岩的发育与元古界地层，特别是和蛇绿岩、断裂带在空间分布、延伸方向上密切相关(图1)，迄今尚未在震旦纪以后的任何地层中发现，这就意味着，它们大致同是元古代的产物，且有成因联系。

“冷侵位”观点曾在蛇绿岩研究中居极端地位，所以高压变质作用易于为人们理解。随着大量蛇绿岩出现于大陆边缘构造背景的查明，岩浆侵位和热变质也渐被重视。我们认为赣东北发现的热变质岩与蛇绿岩发育有关，理由是：①中村、茅桥、西湾和樟树墩的蛇纹岩中均见有多种角岩包体或大理岩类岩石，樟树墩黄长石大理岩与辉长岩有关，茅桥地区的角岩和透辉石岩位于蛇绿岩一侧；②这些高温、高压变质岩和蛇绿岩都被构造肢解了，但构造肢解作用却并未涉及花岗岩体，说明角岩与花岗岩无关。

高温变质岩的岩石学和矿物学

现将赣东北与蛇绿岩有关的主要热变质岩简述如下：

石榴石角岩：产于西湾和中村，由石榴石和石英组成，等粒结构，包于蛇纹岩中，包体大小如鸡蛋。

透闪石角岩(照片1)：呈包体形态出现在蛇纹岩中，在茅桥较发育，西湾尤为发育。有的包体内部为褶皱成S形的浅绿色凝灰质千枚岩，在与蛇纹岩接触处的外壳有几毫米厚的透闪石角岩。西湾蛇纹岩体的围岩多为绿色凝灰质千枚岩，附近其他地方未见有这种角岩。

透辉石角岩：见于茅桥，为透辉石和石英组成的典型角岩结构的岩石。

红柱石电气石黑云母角岩：红柱石呈微变斑晶产出，数量不多，石英和磁铁矿占优势。

堇青石镁铁尖晶石角岩(照片2)：产于茅桥黄泥山辉石岩体旁。堇青石呈六连晶与绿色

镁铁尖晶石和斜硅镁石(据光性鉴定)共生。

黄长石大理岩:产于樟树墩,岩石为白色,中粗粒状结构,块状构造。镜下见有黄长石(照片3),其化学成分见表2。在计算分子式时发现Ca、Mg、Fe、Al稍低且变化大, Si稍高,但仍在如下通式范围内: $(Ca + Na)_{20-x}Mg_yAl_zSi_{30-(y+z)}O_{70}$ ($x = 0-3, y = 0-10, z = 0-20, y + z = 0-20$)^[9]。成分上这一特征在黄长石的光性和结构上也有反映。与方解石呈镶嵌状黄长石,有的显正一轴晶,有的显负一轴晶或均质性,甚至同一颗粒会出现上述几种情况。黄长石的不稳定性表现为常转变为一些混浊状次生物,这些特征在结构上也有表现。图2是黄长石的X-射线连续扫描及其衍射强度分布图。鉴于黄长石族的成分复杂和多变,已发表黄长石X-射线资料贫乏,找不到与图2黄长石相应的数据,但与钙铝黄长石和镁黄长石两端员^[10]相比,图2中黄长石 d 值(方解石和次生物 d 值除外,见后面小括弧内 d 值)位于该两端员相应值之间。方解石杂质峰值突出($d = 3.032$)。黄长石次生物看来是绿泥石族($d = 14.414, 7.158, 7.158, 3.570, 2.775$)、水白云母—伊利石($d = 9.913, 5.013, 3.676$)和沸石族($d = 8.097, 4.048$)矿物的混合物。

透辉石岩:在茅桥见到的白色粗粒块状透辉石岩不同于岩浆超镁铁质辉石岩(透辉石成分见表2)。两个样品计算结果分别为: $Fs 0.7, En 52.7, Wo 46.6$ 和 $Fs 4.6, En 46.0, Wo 49.04$ 。

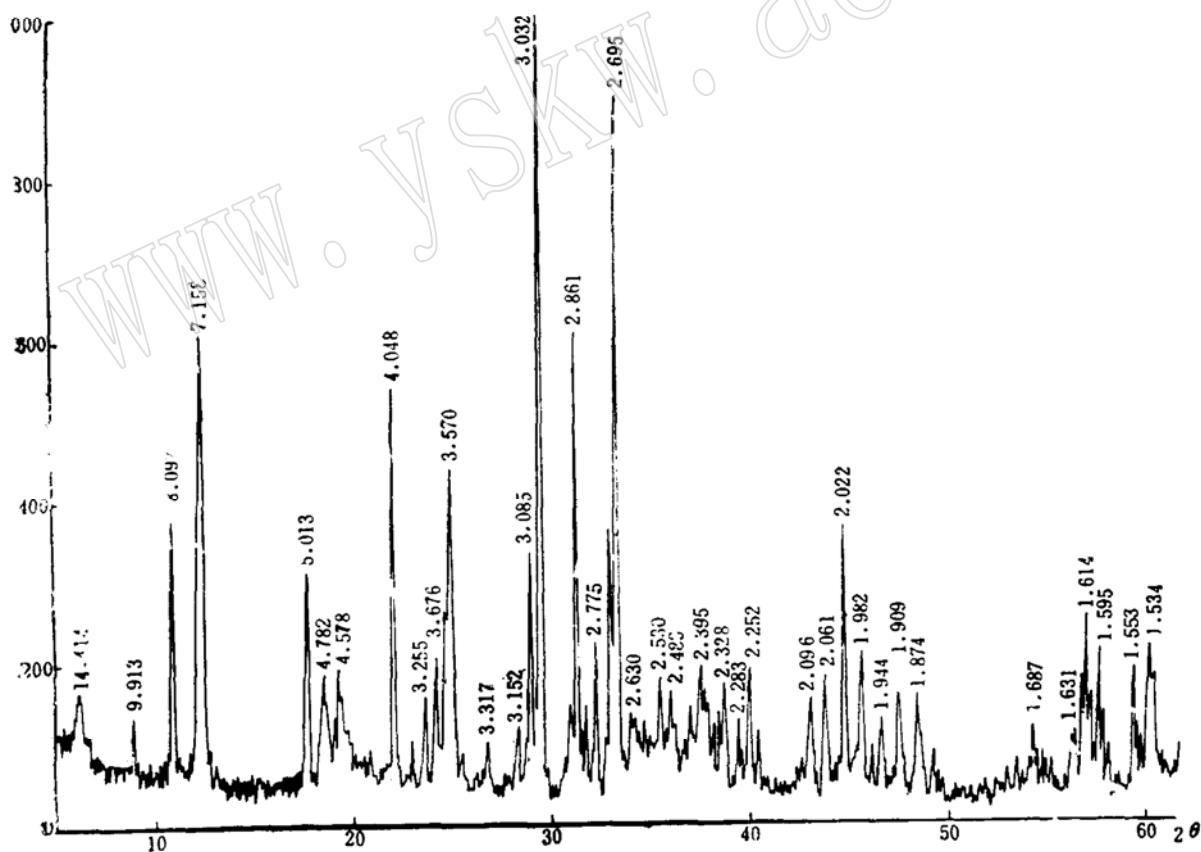


图2 江西樟树墩黄长石大理岩中黄长石X-射线衍射强度分布图

Fig 2. The X-ray diffraction intensity and their distribution figure of melilite in melilite marble from Zhangshudun, Jiangxi

表2 赣东北蛇绿岩带高温变质岩中一些矿物的电子探针分析数据
Table 2 EPMA data of some minerals for high temperature metamorphic rocks
in Northeastern Jiangxi ophiolite belt

	透辉石		铁镁尖晶石	黄长石				
	茅201	茅201		茅217	ZR248	ZR248	ZR248	ZR248*
SiO ₂	55.20	52.25	0.11	36.85	37.68	38.45	56.59	49.22
TiO ₂	0.01	0.40	0.03	0.06	—	0.07	—	—
Al ₂ O ₃	0.29	2.84	63.65	38.49	31.58	30.41	0.71	24.23
Cr ₂ O ₃	—	0.10	0.07	0.05	—	0.06	—	—
FeO**	0.40	2.93	18.26	0.33	0.86	0.37	5.18	0.62
MnO	—	0.06	0.17	0.06	0.02	—	—	—
MgO	19.62	16.41	17.57	0.03	0.05	0.03	11.91	3.22
CaO	24.18	24.50	0.10	22.90	24.88	23.32	25.61	20.41
Na ₂ O	0.18	0.18	0.09	0.04	0.01	0.04	—	—
K ₂ O	—	0.08	—	—	—	0.005	—	2.29
合计	99.91	99.95	100.05	98.81	95.08	92.775	100.00	99.99
Si	1.980	1.916	0.003	1.544	1.653	1.723	2.416	27
Ti	0.002	0.001	—	0.003	—	0.003	—	—
Al ^{IV}	0.013	0.084	—	—	—	—	0.035	—
Al ^{VI}	—	0.039	1.942	1.902	1.635	1.605	—	1.178
Cr	—	—	—	0.003	—	0.003	—	—
Fe ³⁺	—	—	0.074	—	—	—	—	—
Fe ²⁺	0.013	0.090	0.319	0.013	0.032	0.013	0.185	0.022
Mn	—	0.002	0.003	0.003	0.007	—	—	—
Mg	1.049	0.896	0.678	0.003	0.032	0.003	0.758	0.196
Ca	0.928	0.963	0.003	1.028	1.171	1.120	1.171	0.901
Na	0.013	0.013	0.003	0.005	—	0.003	—	—
K	—	0.004	—	—	—	—	—	0.119
合计	3.998	4.018	3.025	4.504	4.530	4.473	4.565	4.443

* 为南京大学现代分析中心测定, 其余为马鞍山矿山研究院电子探针室测定。

**全铁作为FeO。

样品号字头代表产地: “茅”一茅桥; “ZR”一樟树墩。

当这种岩石受到强烈挤压时, 在其裂隙中生长了不少绿色镁铁尖晶石颗粒(成分见表2)。

综上所述, 这些高温变质岩的变质级不尽相同, 普遍达角闪岩相、辉石岩相。

高压变质岩的岩石学和矿物学

目前在赣东北发现三处高压变质岩。

西湾的作米坂村, 在蛇纹岩体与围岩千枚岩断层接触处发育有构造混杂岩, 其中白色、淡绿色、灰色玉石光泽的岩块中夹有黑绿色、灰黑色角闪片岩, 两者间存在着过渡关系, 其代表性岩石为文石硬玉蓝片岩。这些岩石中普遍含有钠长石、更长石(表3)。石英有两种: 内部呈明显波状消光的, 系原生石英, 更多的是不规则的脉状石英, 脉内由许多细小的重结晶石英组成不稳定的“三联点”(120°)——多边形结构, 无波状消光, 可能为硅质脉重

表3 西湾蓝片岩类岩石中斜长石牌号

Table 3 An% Of the plagioclases in glaucophane schist series rocks at Xiwan

样品号	Jx-1	Jx-2	Jx-5	Jx-8	Jx-10	Jx-11	Jx-12	Jx-13	Jx-15
斜长石 牌号	14	15	13	13	10	10	8.5	15	34
	9	14.5	10	11.5	8.5	8	6.5	11.5	14
	8	13	4.5	11.5	8	4.5	2	8	8.5
	6.5	11.5		8.5	4.5	4.5		6.5	4.5
	4.5	6.5		7.5					
An%	2								

结晶矿物。

角闪片岩中角闪石的分析 and 计算数据见表4, (为了对比, 表4中列出了一些国内外蓝闪石的数据)。如按 Leake 1978年的分类和计算原则^[14], 这些角闪石的成分系一个蓝闪石、青铝闪石、镁钠铁闪石和蓝透闪石系列产物并可过渡为碱角闪石或钙角闪石(图3a、b、c、d、e), 这与角闪石普遍发育的交代现象和不规则环带相一致(照片4)。这可能是时代较老的蓝闪石更显不稳定性一个特征。此外, 用电子探针数据按 Leake 分类和计算原则计算分子式时, 与湿法化学分析相比SiO₂显得偏高, 有时会出现计算的〈Si〉原子数>8的情况, 其他国内外数据也是如此(表4)。因此导致了碱质角闪石以外的其他角闪石变种定名的不确定性。图4、图5为两个角闪石的X-射线衍射连续扫描及其衍射强度分布图。据《矿物X-射线粉晶鉴定手册》^[15]可定为蓝闪石。镜下一般可根据蓝紫、紫红、蓝绿的多色性, 正延性和 $Ng \wedge C < 21^\circ$ 等光性来区别蓝闪石和其他闪石。我们把这种可能由火山岩变成的片岩定为蓝闪片岩, 和玉石状的浅色岩石一齐称为蓝片岩类岩石。

坚硬的具玉石光泽的浅色岩石除含少量角闪石和大量钠一更长石外, 还含有特征的文石、硬玉(成分见表5)。文石在镜下具很高的正突起, 横切面和解理近似辉石, 干涉色I级灰, 有的颗粒似显三连晶(因受力双晶接合面有变形), 有的颗粒为高级白干涉色, 但并不显方解石式的解理和双晶。这种岩石中最有意思的一个现象是, 由于外来SiO₂的加入, 硬玉变得不稳定而逐渐被钠长石交代、吞蚀以至消失(照片5)。钠长石双晶往往继承硬玉的解理方向发育或交切而过。硬玉的干涉色由I级橙黄变为淡黄、白、灰, 突起也随之降低。这种关系表明, 它们是降压升温反应的产物: 硬玉+石英→钠长石。

硬玉主要是高正突起, 辉石式解理, 干涉色I级橙黄, 正二轴晶, $C \wedge Ng = 27^\circ - 34^\circ$, 最高达38°, 有时可见聚片双晶。正因为有上述反应关系存在, 电子探针分析数据有较大的系统变化(表5)。计算的硬玉分子式中, Na、Al稍显不足, Si相对显得过剩, 有的则介于硬玉和钠长石之间。这种岩石可定为文石硬玉钠长片岩, 原岩可能是斜长岩或闪长岩。

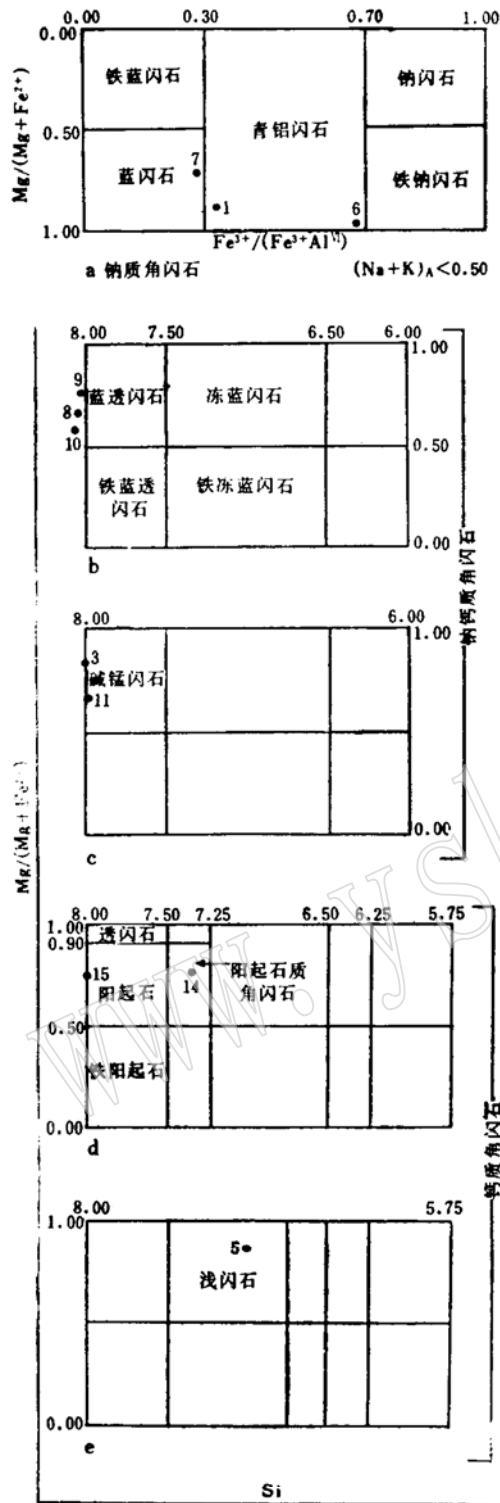
上述的蓝闪片岩和钠长片岩中还有石榴石、锆石、金红石、榍石、钛铁矿、棕色磷灰石、硫化物、绿帘石、绿泥石、自然铁以及一种不知名的绿、黄、黑色鱼子状物。

在西湾还有两种片岩也可能是高压产物: 一种是含变斑晶的片岩, 变斑晶探针分析和光性鉴定为叶绿泥石, 但具板状假象, 推测原矿物可能为硬绿泥石; 另一种片岩有楔形或针状微变斑晶, 基质为显微针状、毛发状。探针分析成分变化大, 但接近绿泥石、硬绿泥石, 疑为黑硬绿泥石变质产物(表5)。M. Guiraud^[16]等(1987)也曾提到法国Variscan缝合带

表 4 赣东北蛇绿岩带中高压变质岩的蓝闪片岩(德兴 西湾)的角闪石成分
Table 4 The Compositions of amphiboles for high pressure glaucophane schist(from Xiwan, Dexing) in Northeastern Jiangxi ophiolite belt

样品号	西12-2		西12		Jx-12*												美国俄勒冈 榴辉岩 ^(1,2)	日本Hokkaido ⁽¹⁵⁾		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
顺序号	57.46	56.49	56.67	54.50	50.83	60.17	59.38	58.52	59.31	60.76	57.07	56.09	56.93	53.01	57.68	59.91	57.00	53.74	56.07	55.25
SiO ₂	0.10	0.14	0.08	0.01	0.11	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	<0.06	0.29	0.01	—
TiO ₂	6.41	1.17	0.56	0.75	3.40	2.70	5.20	1.51	1.57	2.95	3.06	1.89	1.36	7.51	2.12	8.25	10.30	4.88	1.09	1.95
Al ₂ O ₃	—	—	—	—	0.05	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.04	—	0.03
Cr ₂ O ₃	4.90	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	7.02	—	—	—	—
FeO**	3.90	11.50	12.22	16.83	7.24	7.77	12.96	13.75	12.50	16.57	14.49	17.25	17.44	10.89	11.16	11.19	11.90	24.12	16.69	19.20
NiO	—	—	—	—	0.04	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
MnO	0.17	0.54	0.45	0.70	0.13	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.20	—	0.15	0.60	0.25
MgO	14.09	19.40	17.68	21.27	24.02	20.92	14.87	15.62	19.30	13.44	16.30	19.43	19.86	16.10	16.02	0.90	10.40	6.27	13.82	11.03
CaO	3.61	1.70	2.28	0.83	10.28	1.29	2.24	5.81	2.19	2.93	2.53	1.86	1.50	10.37	9.84	0.90	1.70	0.86	6.05	5.25
Na ₂ O	6.27	6.79	5.65	1.00	2.76	7.14	5.35	4.18	4.92	3.37	6.33	3.47	2.90	1.89	2.95	5.20	6.80	6.99	3.92	4.92
K ₂ O	0.28	—	—	—	—	—	—	0.61	0.21	—	0.22	—	—	0.14	0.24	—	—	0.07	—	—
烧失量	2.14	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
总 合	99.33	97.73	95.57	95.89	98.86	99.99	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	99.99	99.99	100.00	100.01	98.61	98.16	97.41	98.25	97.56
Si	7.95	7.99	8.19	7.91	7.15	7.88	7.69	8.18	8.13	8.36	7.96	7.35	7.95	7.36	8.00	8.51	7.90	8.026	8.002	8.008
Ti	0.01	0.02	0.01	—	0.01	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.033	0.001
Al ^{IV}	0.04	—	—	0.09	0.56	0.12	0.31	—	—	—	0.04	0.15	0.05	0.64	—	—	0.10	—	—	—
Al ^{VI}	1.01	0.19	0.09	0.03	—	0.29	0.48	0.25	0.25	0.48	0.46	0.17	0.17	0.60	0.35	1.05	1.58	0.859	0.185	0.338
Cr	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.005	—	0.003
Fe ⁺⁺	0.51	—	—	—	0.02	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.75	—	—	—	—
Fe ³⁺	0.45	1.36	1.48	2.04	0.84	0.85	1.40	1.61	1.44	1.91	1.69	2.02	2.04	1.27	1.29	1.29	1.38	3.012	2.013	2.350
Mn	0.02	0.07	0.05	0.08	0.03	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.03	—	0.019	0.073	0.032
Mg	2.90	4.09	3.81	4.61	5.03	4.08	2.87	3.26	4.00	2.75	3.39	4.05	4.14	3.34	3.32	1.25	2.15	1.396	2.972	2.408
Ca	0.53	0.26	0.36	0.13	1.55	0.18	0.31	0.78	0.32	0.43	0.38	0.23	1.54	1.46	—	0.15	0.25	0.138	0.936	0.823
Na	1.68	1.85	1.58	0.28	0.75	1.81	1.34	1.13	1.31	0.91	1.71	0.94	0.77	0.27	0.80	1.43	1.82	2.023	1.097	1.396
K	0.05	—	—	—	—	—	—	0.10	0.03	—	0.03	—	—	0.01	0.05	—	—	0.013	—	—
总 合	15.15	15.83	15.56	15.17	15.96	15.21	14.40	15.31	15.48	14.84	15.66	15.46	15.35	15.03	15.27	14.46	15.18	15.524	15.279	15.358
名 称	青铝 闪石	钠-镁 铁闪石	碱锰 闪石	镁铁 闪石	浅闪石	青铝 闪石	蓝闪 石	蓝透 闪石	蓝透 闪石	蓝透 闪石	碱锰 闪石	镁铁 闪石	镁铁 闪石	阳起石 质角闪 石	蓝闪石	蓝闪石	蓝闪石	青铝 闪石	蓝透 闪石	蓝透 闪石

* 顺序号6-15由南京大学现代分析中心能谱仪无标样测定, 2-5由马鞍山矿山研究院电子探针室有标样电子探针测定。为了对比列入了云南澜沧江变质带(16)、美国俄勒冈榴辉岩(17)和日本Hokkaido(18,19,20)有关角闪石的数据。
** 全铁作为FeO(1和16除外)。
顺序号1为化学分析数据, 分析者为南京大学地球科学系分析中心化验室胡美龄。



中的黑硬绿泥石成分多变的类似情况。

硬柱石片状大理岩：产于樟树塆黄长石大理岩带中。镜下见束状的针柱状硬柱石出现在方解石中（照片6）。硬柱石切割蚀变金黄色的黄长石现象说明高压硬柱石是在高温黄长石之后生成的，Ca略高于一般的硬柱石（表5）。

文石硬绿泥石红帘石石英片岩：目前仅见于绕二。表面看岩石象一种灰白色硅质岩，镜下见大量的斜长石由于强烈的挤压、剪切而沿聚片双晶面破裂、扭错和滑移呈雁行式排列。因而，推测原岩可能是斜长岩或辉长岩类岩石。文石少见，集中呈团粒，单个颗粒直径以0.06—0.1mm居多。硬绿泥石和红帘石颗粒大小相近，一般为0.12—

图3 江西德兴西湾蓝片岩中角闪石的分类和命名 (按Leake, B.E., 1978)

Fig 3 The classification and nomenclature of the amphiboles of the blueschist from Xiwan, Dexing Jiangxi

a—碱性角闪石类：1、6、7, $Na_B \geq 1.34$, $(Na+K)_A < 0.50$; b—钠钙闪石类：8、9、10, $(Ca+Na)_B \geq 1.34$, $0.67 \leq Na_B < 1.34$, $(Na+K)_A < 0.50$; c—钠钙闪石类：3、11, $(Ca+Na)_B \geq 1.34$, $0.67 \leq Na_B < 1.34$, $(Na+K)_A \geq 0.50$; d—钙质闪石类：14、15, $(Ca+Na)_B \geq 1.34$, $Na_B < 0.67$, $(Na+K)_A < 0.50$, $Ti < 0.50$; e—钙质闪石类：5, $(Ca+Na)_B \geq 1.34$, $Na_B < 0.67$, $(Na+K)_A \geq 0.50$, $Ti < 0.50$

图中点号即表4中的顺序号，其中2、4、12、14属铁镁闪石类中的镁铁闪石，没有用图表示，8、9、10因Si < 8.00，仅示意表示b图左缘

0.15mm。硬绿泥石逐渐转变为绿泥石，探针测得成分近似绿泥石。红帘石为板柱状，⊥b轴为菱形切面，两组解理清楚。红、棕和橙黄色在薄片十分醒目。红帘石十分分散，也常蚀变成铁锰氧化物的黑色不透明斑点。

表5 赣东北蛇绿岩带中高压变质岩的硬柱石、硬玉和其他几种矿物的探针分析数据
Table 5 The microprobe data of lawsonites, jadeites and other minerals for some high pressure metamorphic rocks in Northeastern Jiangxi ophiolite belt

矿物	硬柱石			硬玉			文石			叶绿泥石(硬绿泥石?)			黑硬绿泥石(?)					
	1	2	3*	4*	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16		
样品号	ZRZ203-5				Jx-05			西115	Jx-05			R31	Jx-19			Jx-21		
顺序号	1	2	3*	4*	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16		
SiO ₂	40.58	40.35	40.54	39.95	69.20	68.52	67.67	66.48	0.06	0.06	0.15	25.30	30.87	39.21	51.78	53.47		
TiO ₂	0.02	0.03	—	—	—	—	—	—	—	0.04	0.19	0.25	0.02	0.01	0.04	0.12		
Al ₂ O ₃	33.78	34.01	31.69	32.39	22.19	26.83	17.64	24.43	0.04	0.02	0.04	19.37	15.53	7.68	3.18	1.33		
Cr ₂ O ₃	—	—	—	—	0.03	0.02	—	—	0.07	—	—	—	1.28	0.88	0.19	0.36		
FeO**	0.24	0.18	0.17	0.30	0.06	0.02	0.05	0.00	0.17	0.10	0.13	29.55	4.87	6.72	5.40	7.38		
NiO	—	—	—	—	0.01	—	—	—	0.04	—	—	—	—	—	—	—		
MgO	0.19	0.05	2.71	0.00	0.02	0.03	0.05	0.00	0.03	0.01	0.02	11.88	32.80	29.71	29.45	24.24		
CaO	25.07	25.28	21.57	27.18	0.28	0.54	0.17	1.72	52.42	55.50	51.45	0.04	0.03	1.43	5.28	2.13		
MnO	0.06	0.05	—	—	—	—	—	—	0.01	0.03	0.12	1.00	0.01	0.08	0.12	0.13		
N ₂ O	—	0.03	—	—	7.89	4.01	7.49	7.01	0.16	0.06	0.05	0.01	0.02	0.11	1.45	0.15		
K ₂ O	0.02	0.01	0.33	0.18	0.30	0.01	—	0.33	—	—	—	—	—	—	0.10	—		
总和	98.96	99.99	100.01	100.00	99.98	99.98	93.07	100.00	53.00	55.82	55.15	86.90	85.43	85.83	86.99	89.31		
Si	1.928	1.918	1.933	1.917	2.233	2.175	2.33	2.156	—	—	—	—	—	—	—	—		
Ti	0.001	0.001	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
Al	1.891	1.906	1.781	1.833	0.844	1.004	0.717	0.934	—	—	—	—	—	—	—	—		
Fe ²⁺	0.009	0.007	0.006	0.012	0.002	0.001	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
Mg	0.013	0.003	0.192	0.000	0.001	0.001	0.002	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
Ca	1.275	1.288	1.254	1.398	0.010	0.018	0.006	0.060	—	—	—	—	—	—	—	—		
Mn	0.002	0.002	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
Na	—	0.003	—	—	0.494	0.247	0.501	0.442	—	—	—	—	—	—	—	—		
K	0.001	0.001	0.020	0.012	0.012	—	—	0.014	—	—	—	—	—	—	—	—		
总和	5.120	5.129	5.186	5.160	3.597	3.446	3.556	3.605	—	—	—	—	—	—	—	—		
氧原子数	8	8	8	8	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6		

* 由南京大学现代分析中心能谱仪无标样测定,其余均由马鞍山矿山研究院电子探针仪带标样测定。
** 全铁作为FeO。

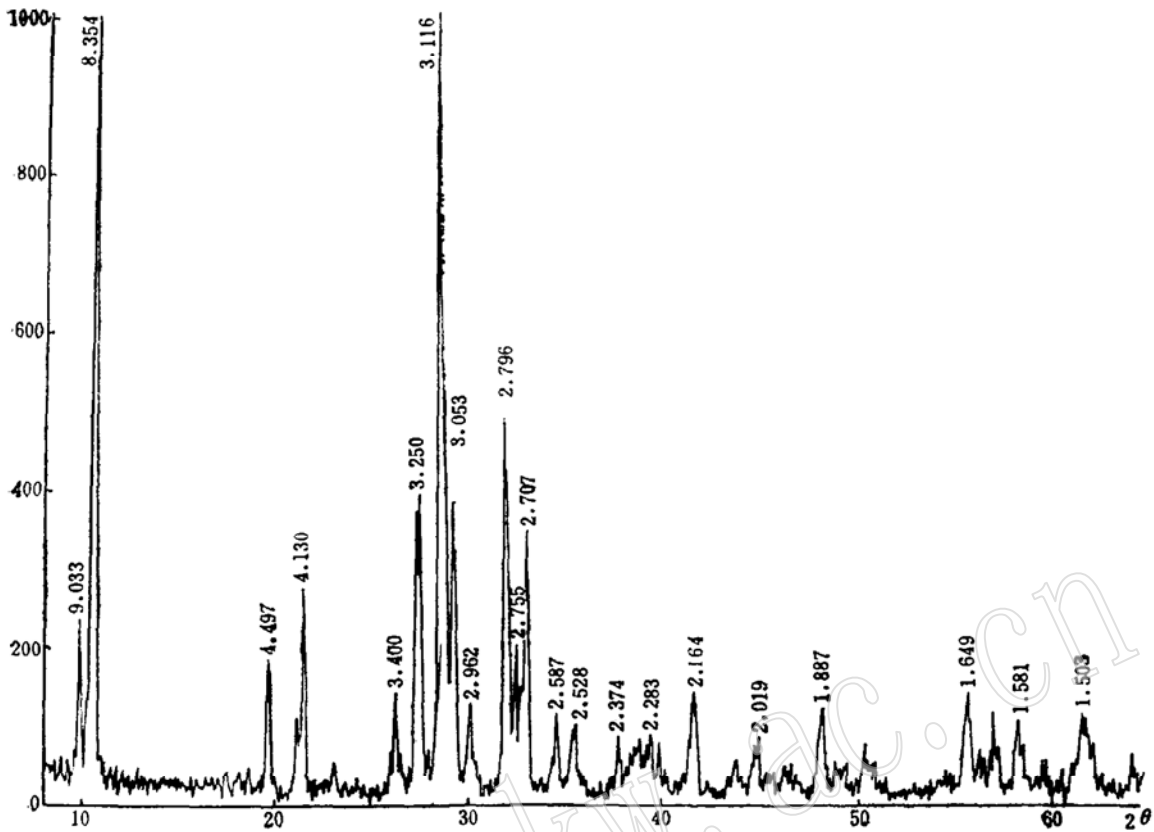


图 4 江西西湾蓝片岩中蓝闪石Jx-12的X-射线衍射强度分布图

Fig. 4 The diffraction intensity and their distribution figure of glaucophane in blueschist of Jx-12 from Xiwan, Jiangxi

关于重变质作用机制的讨论

目前,把蛇绿岩看作外来的、冷的、固体的、构造侵位于大陆造山带中的古洋壳碎片。它产生于大洋中脊,是由于大洋中脊的不断扩张,被推至大陆外侧的海沟附近向陆壳俯冲时被刮下来残留在大陆壳中的部分洋壳碎块。这样一来,现在大陆中所见的蛇绿岩的岩浆作用实质上就不存在了或被抹杀了。然而,无人否认蛇绿岩是火成作用的产物。最近几年, Coleman^[17] (1984) 在总结蛇绿岩问题时也指出,真正产于大洋中脊的蛇绿岩是极少数,蛇绿岩产出的地质背景主要是大陆边缘,并分出特提斯型和科第勒拉型两类。他指出,“在蛇绿岩岩浆活动末期,新形成的大洋壳那里,水和变质大陆壳的捕虏体很容易被引入岩浆房”。这说明,以大陆壳为背景发育的小洋盆型蛇绿岩可能存在着原地的、岩浆热侵位的可能性,这时就有高热变质作用发生。前述的赣东北与蛇绿岩有关的高温变质岩就是这种作用的产物。当洋壳封闭时,由于构造挤压产生高压变质作用,在高温变质作用基础上叠加高压变质作用。如前述的硬柱石片状大理岩叠加在黄长石大理岩之上(樟树墩),蓝片岩发生在透(辉)闪角岩中(西湾),都是高温变质作用后叠加高压变质作用的表现,这一点与海盆演化是一致的,即发生先张(岩浆作用)一后压(构造作用),相应地导致先产生高温变质,后叠加高压变质的变质作用机制。这种机制可以叫做“重变质作用”(Superimposition Meta-

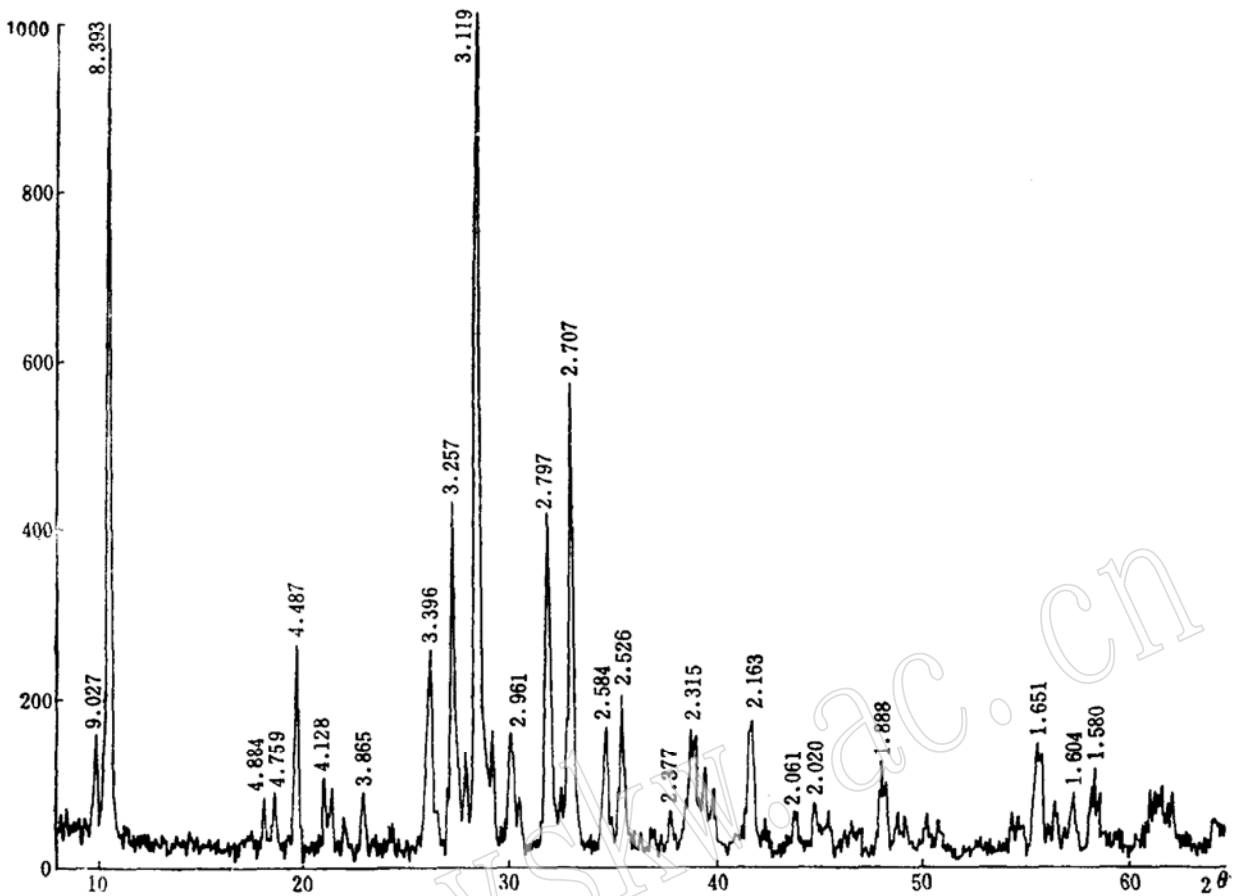


图 5 江西西湾蓝片岩中蓝闪石J_x-13的X-射线衍射强度分布图

Fig.5 The X-ray diffraction intensity and their distribution figure of glaucophane in blueschist of J_x-13 from Xiwan, Jiangxi

morphism), 以与都城穗的对变质作用 (Paried Metamorphism) 区别开来。但是, “重变质作用”和“对变质作用”不是互相矛盾的, 而是互相补充的。

仅根据赣东北的情况来谈重变质作用显然是不够的。都城秋穗^[2] (1973) 在他的《变质作用与变质带》一书中不仅谈到日本, 也涉及到世界其他地区 (如阿尔卑斯), 既提到不成对变质, 还提到多期变质及先低压后高压和先高压后低压变质作用的种种复杂情况, 以及老新几带高压变质带邻近产出的例子, 这些单用“对变质作用”解释并不都是有效的。

本文写作过程中得到白文吉研究员、汪正然和周新民教授、林承毅和薛纪越副教授、张根娣和顾兰松同志的热情帮助和支持, 表示感谢!

参 考 文 献

- [1] Miyashiro, A., (1961a), Evolution of metamorphic belts. *J. Petrol.* 2, 277—311.
- [2] 都城秋穗著, 周云生译, 1979, 变质作用与变质带, 地质出版社。
- [3] Nisbet, E. G. and Fowler, C. M. R., 1982, The thermal background to metamorphism sample two dimensional conductive models, *Geosci. Can.* 9, 161—164 and 208—214.
- [4] 俞鸿年、牟惟熹、马瑞士、王锡银等, 1982, 福建东南沿海断裂 (断块造山) 区域变质带岩石学特征及其构造控制, *南京大学学报 (自然科学)*, 1982, 第2期, 461—477。

- 〔5〕 周高志、黄恩宇、王义明、王长金, 1987, 鄂北蓝片岩带特征及其地质意义, 中国变质地质图编制与研究论文集, 第1辑, 106—118。
- 〔6〕 朱训、黄崇轲、芮宗瑶、周耀华、朱贤甲、胡淙声、梅占魁, 1983, 德兴斑岩铜矿, 地质出版社。
- 〔7〕 白文吉、甘启高、杨经绥、邢凤鸣、徐祥, 1986, 江南古陆东南缘蛇绿岩完整层序剖面的发现和基本特征, 岩石矿物学杂志, 1986, 第5卷, 第4期, 290—298。
- 〔8〕 舒良树、周国庆, 1988, 赣北元古代地体拼贴带中高压变质矿物的发现及其构造意义, 南京大学学报(自然科学), 第24卷, 第3期, 421—429。
- 〔9〕 Дир, У. А., Хауи, Р. А., Зусман, Д. Ж., 1965, Пороодообразующие минералы. Том 1, 270—289. Изд. «МИР» Москва.
- 〔10〕 米赫耶夫 В. И., 周延伸、梁镛珍译, 1965, 矿物伦琴射线鉴定手册, 中国工业出版社。
- 〔11〕 周维全、林文信, 1982, 澜沧江变质带南段蓝闪石片岩的特征, 中国区域地质, 第2期, 76—85。
- 〔12〕 Ghend, E. D. and Coleman, R. G., 1973, Eclogites from Southwestern Oregon, *Geol. Soc. America Bull.*, Vol. 84, No. 8, 2471—2478.
- 〔13〕 Masayuki Sakakibara, 1986, A newly discovered high pressure terrane in eastern Hokkaido, Japan, *Journal of Metamorphic Geology*, Vol. 4, No. 4 401—408.
- 〔14〕 Leake, B. E., 1978, Nomenclature of amphiboles *Amer. Min.*, Vol. 63, No. 11—12, 1023—1052.
- 〔15〕 中国科学院贵阳地球化学研究所〈矿物X射线粉末鉴定手册〉编著组, 1978, 矿物X射线鉴定手册, 科学出版社。
- 〔16〕 Guiraud, M., Burg, J.-P. and Powell, R., 1987, Evidence for a Variscan suture zone in the Vendee, France, a petrological study of blueschist facies rocks from Bois de cene, *Journal of Metamorphic Geology*, Vol. 5, No. 2, 225—237.
- 〔17〕 Coleman, G. G., 1984, The Diversity of ophiolites, *Geologie en Mijnbouw* Vol. 63 141—150.

The High Temperature and Pressure Metamorphic Rocks Related to Ophiolite in Northeastern Jiangxi and a Discussion on the Superimposition metamorphism

Zhou Guoqing Shu Liangshu Wu Hongliang

(The Department of Earth Science, Nanjing University)

Key words: high temperature-high pressure metamorphic rock; superimposition metamorphism

Abstract

In the Northeastern Jiangxi where ophiolite develops occur high temperature metamorphic rocks including various hornstones, diopsidite and melilite marble and high pressure metamorphic rocks, such as aragonite-jideite blueschist, lowsonite schistose marble and piemontite-chloritoid schist. Both kinds of these metamorphic

(下转第219页)

www.yskw.ac.cn

(上接第231页)

rocks are emerged only within the Proterozoic formation and associated in space with the ophiolite. There are indications that a magmatism-thermometamorphic mechanism is occurred during the development of the continent margin ophiolite. From mention above and the fact that the high pressure metamorphism is superimposed on the high temperature metamorphic rocks, the authors suggest that the high temperature metamorphism is related with the magmatism in the early stage of extension of the ocean basin where the ophiolite development, and the high pressure metamorphism is occurred in the tectonism in the late stage compression of the ocean basin. This mechanism is called by us as "superimposition metamorphism" which is different from the paired metamorphism.