

河南信阳变质的 3T 型多硅白云母 和 C 类榴辉岩

叶大年 李达周 董光复 邱秀文

(中国科学院地质研究所)

信阳变质带指信阳以东大别山北麓的一套变质岩,即所谓信阳群和苏河群。主要岩石是白云母片岩,二云母片岩,绿泥石片岩,局部有角闪岩,石榴石黑云母片岩。变质程度最深为绿帘角闪岩相。由南向北,由西向东,变质程度变浅。特征的矿物是多硅白云母(phengite),尤其是 3T 型多硅白云母,特征的岩石是 C 类榴辉岩。它们的存在证明,该变质带属低温高压相系,是板块消减带上的变质作用。因而有深远的大地构造意义。

一、该变质带的多硅白云母和 3T 型多硅白云母

多硅白云母是白云母 $\text{KAl}_2[\text{Si}_3\text{AlO}_{10}](\text{OH})_2$ ——绿鳞石 $\text{K}(\text{Mg}, \text{Fe}^{+2})(\text{Al}, \text{Fe}^{+3})[\text{Si}_4\text{O}_{10}](\text{OH})_2$ 的类质同像系列。它是低级变质作用的特征矿物,已成为“板块矿物学”主要的研究对象之一^[1-4]。

信阳变质带中白云母分布极广,它们均属多硅白云母,存在于片岩和 C 类榴辉岩中。就其结构类型,有 2M 和 3T 之分,以 2M 为主。但 3T 型十分普遍,有的标本中,3T 型占白云母的 50% 以上,甚至达 100%。目前发现 3T 型白云母分布的面积达 5000 平方公里以上。可能是世界上 3T 型多硅白云母分布最广泛的地区之一。在白云母片岩中,3T/2M + 3T, 或为 0—10%, 或为 85—100%, 而在 C 类榴辉岩中则为 40—70%。

从表 1 看出,结构式中 $\text{Si} = 3.27—3.50$, 是典型的多硅白云母。3T 和 2M 结构变体有相似的成份。多硅白云母中 Mg 量是形成压力的标志,信阳带 Mg 是 0.18—0.31, 平均 0.25, 日本三波川带平均是 0.35^[3], 美国佛兰西斯堪带是 0.42^[3]。所以就形成压力由大到小的顺序是, 佛兰西斯堪、三波川、信阳。前者白云母以 2M 为主, 有少量 1M, 后二者, 以 2M 为主, 3T 普遍存在。信阳带和阿尔卑斯带 3T 型多硅白云母的存在, 证明木原^[5], 等人提出 3T 型多硅白云母是低温高压变质带的特征矿物的推论。

多硅白云母的鉴定标志有两点:(1) b 轴长大于 $9.02 \text{ \AA}$, 普通白云母 $b \leq 9.00 \text{ \AA}$, 信阳白云母经 X 射线鉴定, b 值皆大于 $9.05 \text{ \AA}$ 。(2) $2V \leq 36^\circ$ (见特吕格鉴定表), 普通白云母 $2V \geq 36^\circ$, 信阳变质带白云母 $2V$ 变化于 $0—42^\circ$ 之间, 平均值 $33—36^\circ$ 。3T 型与 2M 及 1M 型的主要区别在于, (1) $2V \approx 0^\circ$; (2) X 射线粉末法图上, 有明显的区别, 它没有 $d = 2.99, 3.20, 3.48 \text{ \AA}$ 的谱线^[6]; (3) 3T 型在 1000°C 以上结构破坏^[6], 粉末图上有新线 $d = 2.85, 2.44, 2.02, 1.55, 1.43 \text{ \AA}$, 说明产物具尖晶石结构。

本文 1977 年 10 月 6 日收到。

表1 信阳片岩中多硅白云母的化学分析

氧化物 编号	新4	新8	熊1	K ₄	K ₅	氧化物 编号	新4	新8	熊1	K ₄	K ₅
SiO ₂	48.35	50.20	48.48	50.08	52.29	Si	3.32	3.38	3.27	3.38	3.50
Al ₂ O ₃	25.30	26.30	27.52	26.80	23.08	Al ^{IV}	0.68	0.62	0.73	0.62	0.50
TiO ₂	0.54	0.40	0.56	0.41	0.41	Al ^{VI}	1.36	1.46	1.46	1.51	1.45
Fe ₂ O ₃	2.18	1.83	2.60	2.05	1.33	Ti	0.03	0.02	0.03	0.02	0.04
FeO	5.92	4.26	2.36	3.08	4.64	Fe ⁺³	0.12	0.09	0.13	0.11	0.07
MnO	—	—	—	—	—	Fe ⁺²	0.34	0.24	0.13	0.17	0.27
MgO	2.04	1.79	2.51	2.12	2.89	Mn	—	—	—	—	—
CaO	—	—	—	—	—	Mg	0.21	0.18	0.25	0.21	0.31
Na ₂ O	0.65	0.28	1.18	0.48	1.25	Na	0.09	0.04	0.15	0.06	0.17
K ₂ O	10.50	10.25	10.25	10.68	10.76	K	0.91	0.87	0.88	0.92	0.99
H ₂ O ⁻	—	—	—	—	—	OH	2.00	2.00	2.00	1.95	1.54
H ₂ O ⁺	4.48	4.78	4.57	4.34	3.24						
合 计	99.96	100.09	100.03	100.04	99.88						
结构类型	3T	3T	3T	2M	3T						

二、C类榴辉岩

柯列曼将榴辉岩的产状分为三类^[7](A、B、C), C类是指阿尔卑斯变质作用中呈带状或透镜状的榴辉岩,即低温高压变质作用中形成的。

信阳变质带的榴辉岩分布很广,在河南的罗山,光山和新县,湖北的红安县广大地区都有出露,有近百个岩体。出露面积,大者几平方公里,小的只有几十平方公尺,它们多直接产于绿帘石-角闪岩中,与其是过渡关系。这些角闪岩又以透镜状存在于白云母片岩之中,接触关系是整合的。

从表2看出,信阳地区的榴辉岩化学成份很符合柯列曼C类榴辉岩的情况^[7](A类 SiO₂46,

表2 信阳地区榴辉岩化学成份

	1	2	3	4	5	6	平均
SiO ₂	43.10	50.00	50.30	47.20	51.00	46.50	48.01
TiO ₂	2.04	0.42	0.52	3.50	1.25	1.40	1.52
Al ₂ O ₃	12.18	14.20	13.50	12.15	16.10	14.52	13.78
Fe ₂ O ₃	6.82	3.30	2.66	4.23	4.96	3.12	3.48
Cr ₂ O ₃	1.26	—	—	—	—	—	0.21
FeO	16.00	8.82	7.84	13.20	4.50	10.97	10.21
MnO	0.32	0.28	0.26	0.22	0.18	0.18	0.24
CaO	9.82	11.81	13.93	8.88	8.89	11.11	10.74
MgO	5.23	6.67	7.62	5.56	7.02	7.27	6.56
K ₂ O	0.30	0.52	0.08	0.40	0.56	0.10	0.32
Na ₂ O	2.12	3.24	2.56	2.80	3.00	3.33	2.84
H ₂ O ⁺	0.61	0.60	0.90	0.39	1.92	0.83	0.86
P ₂ O ₅	—	—	—	0.54	0.20	0.11	0.28
烧失量	—	—	—	0.39	1.92	0.83	0.52
合 计	99.80	99.86	100.17	99.08	99.52	99.54	99.59

MgO 13; B 类 SiO₂48, MgO 9; C 类 SiO₂48, MgO 6), 并且与佛兰西斯堪的 C 类榴辉岩有十分相似的化学成份^[7]。

该地区榴辉岩矿物组成, 除石榴石 (Alm-Gro-Pyr 系列) 和绿辉石 (omphacite) 外, 尚有角闪石、绿帘石、白云母和石英, 个别有兰晶石。付矿物金红石, 磷灰石和黄铁矿。粗粒斑状变晶结构。宏观上, 时有带条状构造, 并平行于围岩片理。这些特征均与佛兰西斯堪 C 类榴辉岩相同^[7]。

它们的矿物化学分析结果列于表 3。

表 3 信阳榴辉岩矿物化学分析资料

成 份 编 号	石 榴 石					单 斜 辉 石				角 闪 石	
	新-A	熊-A	毛-A	卡-A	湖北	新 A	熊 A	卡 A *	苏 A	新 A	熊 A
SiO ₂	39.18	39.44	37.62	38.76	39.20	54.12	54.68	53.02	55.78	50.42	50.21
TiO ₂	0.40	0.20	0.30	0.80	0.28	0.20	0.16	2.40	0.28	0.40	0.40
Al ₂ O ₃	20.55	20.87	20.84	20.00	21.02	60.3	10.40	8.10	7.84	7.24	12.06
Fe ₂ O ₃	0.60	0.88	—	0.97	4.40	5.56	1.90	6.04	1.50	4.01	2.80
Cr ₂ O ₃	0.09	0.26	—	—	—	—	—	—	—	—	—
FeO	28.88	24.50	25.97	26.24	23.08	8.37	6.18	4.38	5.84	13.37	9.53
MnO	0.45	0.60	0.90	0.60	1.16	—	—	0.05	0.04	0.15	0.22
CaO	6.06	7.75	8.20	7.14	6.10	11.22	12.07	12.53	12.93	6.70	7.16
MgO	3.47	5.66	4.33	5.03	4.00	8.24	8.52	7.62	9.76	12.29	12.14
K ₂ O	—	—	—	0.09	—	—	—	0.09	—	0.42	0.41
Na ₂ O	—	—	—	0.39	0.36	5.80	5.92	6.10	4.92	3.82	4.06
H ₂ O ⁺	—	—	未分析	—	0.20	0.52	0.38	}0.66	0.70	0.88	0.90
H ₂ O ⁻	—	—	—	—	—	—	—				
合 计	99.68	100.16	98.16	100.02	100.16	100.06	100.21	101.02	99.59	99.70	99.89
Si	3.09	3.05	3.05	3.00	3.08	2.00	1.95	1.93	2.00	7.27	7.01
Al	1.91	1.90	1.86	1.95	1.88	0.26	0.44	0.46	0.33	1.23	2.00
Ti	0.02	0.01	0.05	0.02	0.02	0.006	0.004	—	0.008	0.04	0.04
Fe ³⁺	0.04	0.06	0.09	—	0.11	0.16	0.05	0.17	0.04	0.43	0.29
Fe ²⁺	1.90	1.58	1.73	1.73	1.70	0.26	0.18	0.13	0.17	1.61	1.11
Mn	0.03	0.04	0.06	0.08	0.08	—	—	—	—	0.02	0.02
Mg	0.41	0.65	0.59	0.52	0.47	0.45	0.45	0.42	0.52	2.64	2.52
Ca	0.51	0.64	0.60	0.70	0.57	0.44	0.46	0.49	0.50	1.03	1.07
K	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.07	0.07
Na	—	—	—	—	—	0.41	0.41	0.43	0.34	1.05	1.11
OH	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.85	0.87

* 样品中可能含有金红石杂质。

石榴石端元组份, 投到 (Alm + Sp)-Gro-Pyr 三角图里, 全部落到 C 类榴辉岩范围内, 与佛兰西斯堪的情况非常相似(见图 1)^[7]。

辉石只有单斜辉石, 都是硬玉质的绿辉石, Na₂O 均在 4.9% 以上, 平均为 5.7%, 含硬玉分子 25—38%, 这一特征亦与佛兰西斯堪和三波川情况相似(图 2)^[8]。

角闪石的特征是富硅、富铝、富钠和贫钙, 属于冻兰闪石, 和三波川的情况相仿。

从表 3 的矿物化学分析数据计算出分配系数 $K_{\text{Fe-Mg}}^{\text{石榴石-单斜辉石}} = 9.5-12.2$ (平均 10.5)。因而

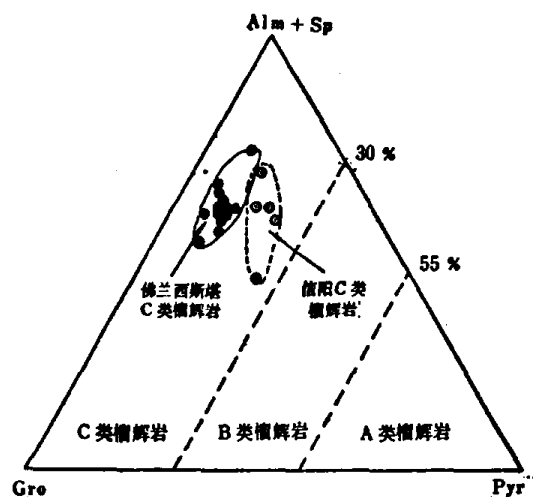


图1 信阳C类榴辉岩石榴石的端元组份

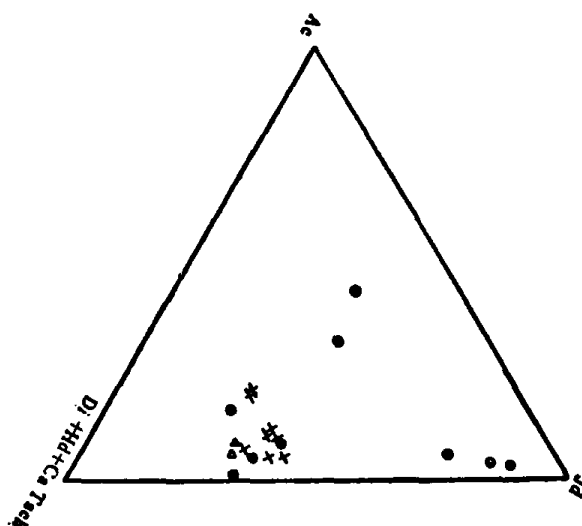


图2 信阳榴辉岩的单斜辉石成份

● 信阳变质带榴辉岩中辉石 ⊙ 兰闪石片岩中辉石
× 佛兰西斯塔榴辉岩中辉石 △ 日本三波川榴辉岩中辉石

可以得知信阳榴辉岩属低温榴辉岩。用别尔丘克提出的各种地质温度计, 求出形成温度均在 490°C — 640°C 之间, 平均为 550°C 。用拉赫姆^[9]实验得的 PT 和 K_D 的关系图, 按 $K_D = 10.5$, 假定压力为 10 千巴, 求出温度为 570°C , $T/P = 40^{\circ}\text{C}/\text{千巴}$ 。这是 C 类榴辉岩典型的温压梯度, 从而得知当时此地古地热梯度 $12^{\circ}\text{C}/\text{公里}$ 。

信阳变质带是低温高压相系的, 商南-浙川-南阳变质带也是低温高压相系的。祁连山变质带经李春昱^[10], 王荃^[11]和肖序常等人的研究已证明有板块消减带的特征。因此, 从西昆仑山经祁连山、秦岭、桐柏山到大别山、这 2500—3000 公里长的近东西构造带上, 古生代时均有板块消减带的特征。这在中国大地构造学上是有深远意义的。

参 考 文 献

- [1] Ernst, W. G., *Am. Min.*, 48(1963), 1357—1373.
- [2] Chatterjee, N. D., *N. Jb. Miner. Abh.*, 114(1971), 2: 181—210.
- [3] Seki, Y., *Jour. Geol. Soc. Japan*, 79(1973), 9: 611—620.
- [4] Cipriani, C., Sassi, F. P. & Scolaci, A., *Sciweiz. Min. Petr. Mitt.*, 51(1971), 1: 259—302.
- [5] Kikara, K., Matsumoto, T. & Banno, S., *Min. Mag.*, 40(1975), 202—204.
- [6] 叶大年, 地质科学, 1964, 4: 369—384.
- [7] Coleman, R. G., Lee, D. E., Beatty, L. B. & Brannock, W. W., *Geol. Soc. Am. Bull.*, 76(1965), 5: 483—508.
- [8] Ernst, W. G., Seki, Y., Onuki, H. & Gilbert, M. C., *Geol. Soc. Am.*, Memoir 124.
- [9] Raheim, A. & Green, D. H., *Contr. Min. Petrol.*, 48(1974), 179—204.
- [10] 李春昱, 地球物理学报, 18(1975), 1: 52—74.
- [11] 王荃、刘雪亚, 地质科学, 1976, 1: 42—55.