

吉林桦甸地区太古宙麻粒岩 变质作用的 PTt 轨迹

葛文春 孙德有 吴福元 林 强

(长春地质学院地质系, 长春 130026)

主题词 吉林桦甸 麻粒岩相 PTt 轨迹

提 要 本区太古代的表壳岩系(基性麻粒岩及富铝片麻岩等)经历了麻粒岩相变质作用, 根据矿物共生组合及其转化关系可将形成麻粒岩的变质作用划分为早期角闪岩相阶段($T = 575-600^{\circ}\text{C}$, $P = 0.59\text{GPa}$)、峰期麻粒岩相阶段($T = 835^{\circ}\text{C}$, $P = 0.85\text{GPa}$)和晚期角闪岩相阶段($T = 620^{\circ}\text{C}$, $P = 0.70\text{GPa}$), 其 PTt 轨迹为逆时针方向。峰期升温升压过程及晚期近等压冷却过程与 IBC 型 PTt 轨迹相似, 反映其形成于岛弧或大陆边缘构造环境。

吉林省桦甸县位于华北地台北缘东段, 是我国太古宙地质研究的重要地区之一, 前人对本区太古宙变质作用的分期及其温压条件积累了一定的资料(阎月华等, 1988; 葛文春等, 1992; 孙晓明等, 1992), 但与华北地台其他地区的同类研究(卢良光等, 1992; 沈其韩等, 1992)相比, 本区麻粒岩变质作用的研究较为薄弱。本文根据岩相学研究和温压测定结果讨论麻粒岩变质作用的演化。

1 地质概况

桦甸地区太古宙变质表壳岩系主要分布在夹皮沟地区(图1), 该区发育有大面积早前寒武纪英云闪长质—花岗闪长质—奥长花岗质片麻岩及钾长花岗岩和紫苏石英闪长质—透辉花岗闪长质片麻岩。作者等近年来的研究表明, 英云闪长质—花岗闪长质—奥长花岗质片麻岩为晚太古代深成侵入体经变质变形作用形成; 钾长花岗岩由花岗闪长质片麻岩等在太古宙末期经深熔作用形成; 紫苏石英闪长质—透辉花岗闪长质片麻岩是太古宙末期钾长花岗岩之后形成的侵入体。

在上述花岗质岩石中, 分布有大小不等的麻粒岩相变质的表壳岩岩块(图1), 其主要岩石类型有角闪黑云二辉麻粒岩、石榴黑云二辉麻粒岩、矽线石榴黑云斜长(二长)片麻岩、石榴黑云斜长片麻岩及磁铁石英岩等。这套变质表壳岩系的原岩为一套基性—中酸性火山—沉积岩系。

本文是国家自然科学基金资助项目(49070128)的研究成果之一。
本文于1993年7月收到, 1994年4月改回。

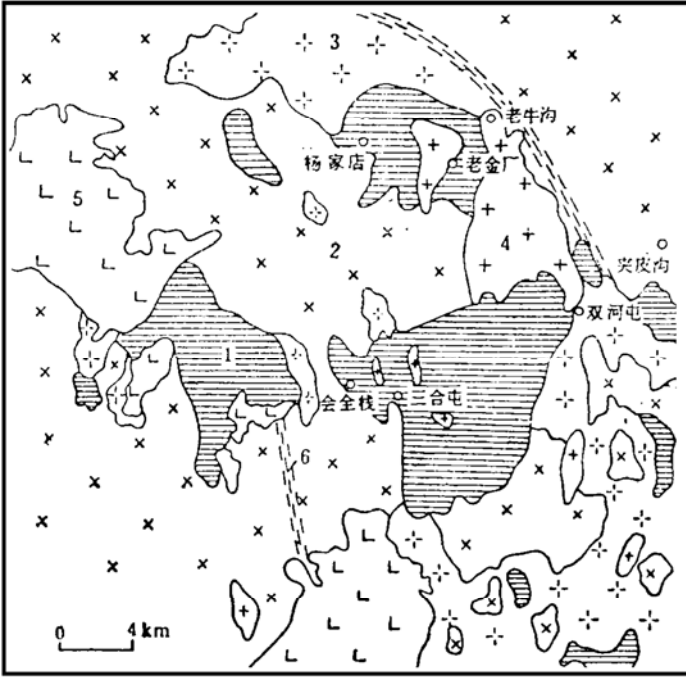


图 1 夹皮沟地区地质略图

Fig. 1 Diagrammatic geological map of Jiapigou area

1—太古宙变质表壳岩系；2—英云闪长质—花岗闪长质—奥长花岗质片麻岩；3—钾长花岗岩；4—紫苏石英闪长质—透辉花岗闪长质片麻岩；5—玄武岩；6—韧性剪切带

2 矿物共生与转变

2.1 基性麻粒岩中的矿物共生与转变

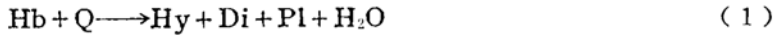
基性麻粒岩主要分布于杨家店、老牛沟及三合屯等地，在表壳岩系中呈夹层状或在英云闪长质片麻岩中呈包体产出。常见的矿物共生组合为：

紫苏辉石 + 透辉石 + 斜长石 + 黑云母 ± 角闪石 ± 石英 ± 钾长石

紫苏辉石 + 斜长石 + 角闪石 + 黑云母

紫苏辉石 + 透辉石 + 斜长石 + 角闪石 + 黑云母 ± 石榴石

岩石具中细粒变晶结构，矿物之间呈平直接触，发育平衡共生的三连点。在紫苏辉石和透辉石中常含有黄绿色角闪石、棕色黑云母及酸性斜长石 ($An=30-32$) 和石英的包体，显示了前麻粒岩相的矿物组合 (图2-A)。由早期矿物组合到麻粒岩相矿物组合，紫苏辉石和透辉石可能通过如下变质反应形成：



在角闪黑云二辉麻粒岩中可以见到透辉石与斜长石的接触边界生成石榴石和蠕虫状石英的反应边，其变质反应为：

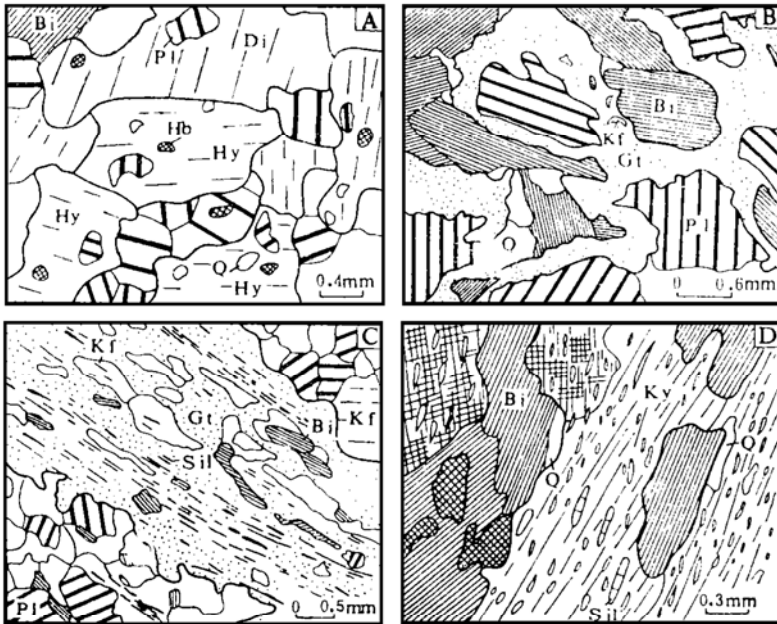


图2 典型岩石结构素描图

Fig. 2 Textural sketch of the typical rock

A—黑云二辉麻粒岩辉石中早期矿物包体 (91181-1); B—石榴黑云二辉麻粒岩中黑云母的石榴石+石英+钾长石反应边 (91203-3); C—矽线石榴黑云斜长片麻岩中峰期矽线石、石榴石、钾长石定向排列 (91174-4); D—矽线石榴黑云斜长片麻岩中峰期矽线石在晚期蓝晶石中呈残留体 (91174-4)



石榴黑云二辉麻粒岩中的棕红色黑云母、斜长石均与辉石平衡共生, 反映这些矿物是麻粒岩相矿物组合, 但在黑云母与斜长石之间被石榴石所隔开, 其中分布有少量蠕虫状石英和钾长石 (图2-B), 应代表麻粒岩变质作用晚期冷却降温阶段的矿物组合, 推断其变质反应为:

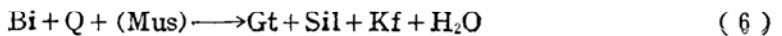


2.2 富铝片麻岩类矿物共生与转变

本区富铝片麻岩类主要为石榴黑云斜长片麻岩和矽线石榴黑云斜长 (二长) 片麻岩, 前者分布较广泛, 而后者仅出露在后油房等地。

石榴黑云斜长片麻岩主要由石榴石、斜长石、黑云母、石英及钾长石组成, 其中石英、钾长石含量变化较大, 黑云母呈棕红色。这些矿物不含其他早期矿物的包体, 亦未发生晚期转变, 认为这一组合 (Pl+Gt+Q+Bi±Kf) 相当于麻粒岩相阶段的产物。

产于后油房的矽线石榴黑云斜长 (二长) 片麻岩, 据矿物之间的共生及转变关系可以划分为三个阶段的矿物组合, 第一阶段矿物组合为 Ky+Bi+Q+Pl+Kf, 蓝晶石与斜长石和黑云母等共生。第二阶段矿物组合为 Sil+Gt+Pl+Q+Kf, 这一阶段生成的矽线石发生强烈变形, 表现为矽线石单体和集合体的弯曲及束状定向排列, 与钾长石和石榴石构成的集合体沿岩石的片麻理分布, 其中含有少量第一阶段的黑云母和石英包体 (图2-C), 反映这一阶段的变质作用伴有强烈的变形作用。虽然岩石中未见有早期白云母的残留, 但据矿物组合的变化推断, 早期可能含有白云母, 只是在变质反应过程中全部消耗掉而已, 其变质反应为:



代表该阶段为升温过程。矽线石后期又转变为蓝晶石，表现为该蓝晶石内部含有大量定向矽线石残留体和少量黑云母、石英包体（图2-D），部分蓝晶石仍保留有矽线石的假象，而早期组合中的蓝晶石则未见有矽线石的包体。

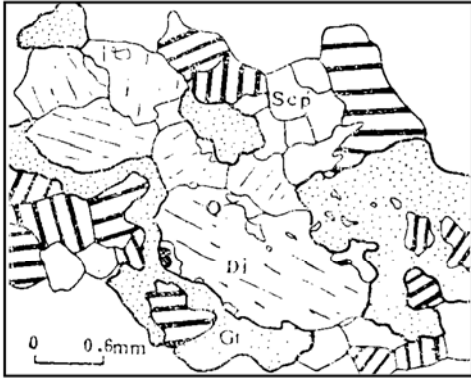


图3 钙硅酸盐岩矿物转变关系 (91152-2)
Fig.3 Transformation relations of minerals in calc-silicate rock

2.3 钙硅酸盐岩的矿物共生与转变

本区所见到的钙硅酸盐岩为透辉方柱斜长片麻岩，在双河屯西部表壳岩系中呈透镜状产出，规模小，分布有限，其周围表壳岩系为石榴黑云斜长片麻岩及麻粒岩。据岩相学研究可划分两个阶段的矿物组合，第一阶段的矿物组合为斜长石+方柱石+透辉石；第二阶段的组合为石榴石+石英。斜长石、方柱石呈三连点平衡变晶结构，它们一同被石榴石包裹，石榴石系透辉石与斜长石的反应边，且内部含有较多的蠕虫状石英(图3)。第一阶段到第二阶段可能的变质反应为

$Di + Pl \rightarrow Gt + Q$ ，且薄片未见更早阶段的矿物组合。

根据上述三类变质岩石的矿物共生及其转变关系，将本区麻粒岩的变质作用过程划分为三个阶段，矿物共生组合及可能的变质反应综合列于表1。

表1 麻粒岩相各变质阶段、矿物共生及可能的变质反应

Table 1 Metamorphic stages, mineral associations and probable metamorphic reactions of the granulite facies

		基性麻粒岩类	富铝片麻岩类	钙硅酸盐岩
早期阶段		$Pl + Hb + Q \pm Bi$	$Ky + Bi + Pl + Q \pm Kf$	
中期阶段	矿物共生	$Hy + Di + Pl + Bi \pm Hb \pm Q \pm Kf$ $Hy + Pl + Nb + Bi$ $Hy + Di + Pl + Hb + Bi \pm Gt$	$Sil + Gt + Pl + Q + Kf$ $Gt + Bi + Pl + Q \pm Kf$	$Pl + Scp + Di$
	变质反应	$Hb + Q \rightarrow Hy + Di + Pl + H_2O$ $Hb + Q \rightarrow Hy + Pl + H_2O$ $Hb + Bi + Q \rightarrow Hy + Pl + Kf + H_2O$	$Bi + Q + (Mus) \rightarrow Gt + Sil + Kf + H_2O$	
晚期阶段	矿物共生	$Gt + Q \pm Kf$	$Ky + Pl + Kf + Q$	$Gt + Q$
	变质反应	$Bi + Pl \rightarrow Gt + Q + Kf + H_2O$ $Di + Pl \rightarrow Gt + Q$	$Sil \rightarrow Ky$	$Di + Pl \rightarrow Gt + Q$

3 麻粒岩各变质阶段的P-T条件

本区麻粒岩各变质阶段共生矿物的化学成分及其阳离子数列于表2。

表 2 共生矿物的化学成分及其阳离子数
Table 2 Chemical composition and number of cations of the associated minerals

	早期阶段						峰期阶段					
	9118-1		91169-5		91169-5		91203-3		91203-3		91181-1	
	Pl	Hb	Pl	Hb	Cpx	Opx	Cpx	Opx	Gt	Gt	Cpx	Opx
SiO ₂	60.13	42.28	61.35	42.18	51.05	51.15	51.35	51.95	38.02	38.02	52.80	51.61
TiO ₂	—	2.55	—	2.83	0.21	0.01	0.12	0.20	—	—	0.22	0.12
Al ₂ O ₃	24.53	11.23	24.48	11.20	1.56	1.02	1.30	0.71	21.67	21.67	1.55	1.11
<FeO>	0.10	15.79	0.07	15.97	11.87	27.57	12.81	33.48	31.90	31.90	10.44	26.31
MnO	—	0.35	0.06	0.14	0.29	0.99	0.05	0.32	0.49	0.49	0.38	0.89
MgO	0.04	9.78	—	9.71	12.17	16.57	9.97	13.49	3.77	3.77	12.22	17.72
CaO	6.81	12.09	6.89	12.14	21.56	0.61	22.97	0.76	4.11	4.11	22.85	0.45
Na ₂ O	7.68	1.97	7.55	1.71	0.52	0.20	0.61	0.24	0.22	0.22	0.76	0.36
K ₂ O	0.21	1.71	0.44	1.58	—	0.05	0.31	—	—	—	0.03	—
总计	99.50	97.75	100.84	97.46	99.83	98.18	98.56	101.15	100.12	100.12	101.26	98.62
Si	2.88	6.322	2.712	6.328	1.948	2.005	1.980	2.025	3.012	3.012	1.954	1.996
Al ^{IV}	0.32	1.678	0.288	1.672	0.052	—	0.020	—	—	—	0.046	0.004
Al ^{VI}	0.968	0.301	0.992	0.308	0.017	0.047	0.039	0.033	2.016	2.016	0.022	0.047
Ti	—	0.287	—	0.319	0.006	—	0.003	0.006	—	—	0.006	0.004
Fe ²⁺	—	0.594	—	0.493	0.062	—	0.025	—	—	—	0.067	—
Fe ³⁺	—	0.314	—	1.455	0.322	0.904	0.388	1.092	2.112	2.112	0.256	0.851
Mg	—	2.179	—	2.171	0.681	0.968	0.573	0.784	0.444	0.444	0.674	1.021
Mn	—	0.044	—	0.018	0.009	0.033	0.002	0.011	0.036	0.036	0.012	0.029
Ca	0.328	1.937	0.328	1.951	0.871	0.026	0.920	0.032	0.348	0.348	0.906	0.019
Na	0.664	0.572	0.618	0.497	0.038	0.015	0.045	0.018	0.036	0.036	0.055	0.027
K	0.008	0.326	0.024	0.303	—	0.003	0.005	—	—	—	0.001	—

续表

	峰期阶段				晚期阶段								
	91202-1		91173-1		91174-4		91203-3		91175-2		91203-2		
	Cpx	Opx	Gt	Bi	Gt	Pl	Gt	Bi	Gt	Bi	Gt	Bi	
SiO ₂	51.47	51.52	39.14	35.90	38.85	62.60	36.56	38.07	35.82	37.16	36.08	35.54	35.19
TiO ₂	—	0.20	—	5.63	—	0.02	5.80	0.01	7.47	0.16	3.97	0.12	5.96
Al ₂ O ₃	1.88	1.17	21.89	15.86	21.63	23.98	16.66	21.04	13.92	21.02	14.63	19.98	14.59
<FeO>	8.99	24.10	12.92	16.67	23.56	0.18	13.13	29.12	20.19	28.16	19.79	32.07	21.39
MnO	0.29	0.78	1.25	—	0.31	—	—	0.27	—	2.56	0.21	0.36	0.19
MgO	13.19	20.72	5.97	11.03	7.72	—	12.35	2.78	8.66	4.61	12.72	2.86	9.30
CaO	23.25	0.41	1.89	0.17	1.10	5.83	—	8.05	0.13	6.96	0.47	7.13	0.11
Na ₂ O	0.61	0.29	0.11	—	0.09	8.31	0.33	0.03	0.32	0.08	0.46	0.05	0.27
K ₂ O	—	—	—	10.37	—	0.09	10.30	—	10.23	0.06	9.60	0.04	9.58
总计	99.66	99.19	100.68	95.53	98.32	101.01	95.12	99.37	96.74	100.77	95.93	98.14	96.57
Si	1.954	1.949	3.040	2.622	3.048	2.752	2.674	3.036	2.680	2.907	2.666	2.892	2.639
Al ^{IV}	0.046	0.051	—	1.378	—	0.248	1.326	—	1.228	0.093	1.274	0.108	1.290
Al ^{VI}	0.022	0.001	2.004	0.007	2.004	1.612	0.110	1.980	—	1.846	—	1.809	—
Ti	0.006	0.006	—	0.314	—	—	0.319	—	0.420	0.009	0.221	—	0.336
Fe ³⁺	0.067	0.060	—	0.561	—	—	0.528	—	0.534	0.234	0.723	0.288	0.603
Fe ²⁺	0.255	0.702	1.976	0.404	1.875	0.008	0.216	1.944	0.670	1.608	0.296	1.895	0.671
Mg	0.674	1.168	0.691	1.220	0.902	—	1.347	0.335	0.966	0.537	1.400	0.347	1.040
Mn	0.012	0.025	0.082	—	0.021	—	—	0.012	—	0.169	0.013	0.025	0.012
Ca	0.906	0.017	0.158	0.013	0.092	0.272	—	0.684	0.010	0.584	0.037	0.621	0.009
Na	0.055	0.021	0.017	—	0.013	0.712	0.047	0.004	0.046	0.012	0.066	0.007	0.039
K	0.001	—	—	0.981	—	0.008	0.962	—	0.977	0.006	0.905	0.004	0.917

<FeO> 为全铁含量; 斜长石、角闪石、石榴石、黑云母、辉石分别以8、23、12、11和6个氧原子计算的阳离子数。
 91181-1—黑云二辉麻粒岩(杨家店); 91169-5—角闪二辉麻粒岩(老金厂南); 91202-1、91203-3、91203-2石榴黑云二辉麻粒岩(老金厂东); 91175-2—角闪二辉麻粒岩(老牛沟); 91173-1—石榴黑云斜长片麻岩(老金厂); 91174-4—砂线石榴黑云斜长片麻岩(后油房)
 分析单位: 北京大学地质系。

3.1 早期变质阶段的温度和压力

角闪黑云二辉麻粒岩早期阶段矿物组合为 $P1+Hb+Q\pm Bi$, 它们在透辉石和紫苏辉石中呈包体出现。应用别尔丘克的斜长石-角闪石温度计计算其形成温度为 575—600℃。压力采用角闪石中全铝含量与压力之间的关系式计算,

$$P_1 = 5.03Al^T - 3.92 \text{ (Hammarstron et al., 1986);}$$

$$P_2 = 5.64Al^T - 4.76 \text{ (Hollister., 1987);}$$

$$P_3 = 4.28Al^T - 3.54 \text{ (Johnson, 1988);}$$

计算结果如表 3, 早期阶段的压力范围为 0.50—0.65GPa, 平均压力为 0.59GPa。上述结果在 $P-T$ 相图上落于蓝晶石稳定区, 与早期阶段富铝片麻岩具有 $Ky+Bi+P1+Q$ 矿物组合的地质事实相一致。

表 3 早期变质阶段的温度和压力

Table 3 Temperature and pressure of the early metamorphic stage

样品号	T(℃)	P ₁ (GPa)	P ₂ (GPa)	P ₃ (GPa)	P _均 (GPa)
91181-1	600	0.62	0.65	0.50	0.59
91169-5	575	0.62	0.65	0.50	0.59

3.2 峰期变质阶段的温度和压力

据峰期变质阶段的矿物组合特征分别采用二辉石、石榴石-黑云母温度计及石榴石-紫苏辉石、石榴石-斜长石-矽线石-石英压力计计算峰期阶段的温度和压力。

本区基性麻粒岩普遍含有二辉石组合, 应用 Wood and Banno(1973) 及 Wills(1977) 的二辉石地质温度计计算结果如表 4。从表 4 可以看出, 峰期阶段温度跨度较大, 多数样品

表 4 根据二辉石温度计计算的峰期阶段的温度

Table 4 Temperature of the peak stage calculated by the two-pyroxene thermometer

样品号	$\alpha_{M\ddot{S}SiO_3}^{OPX}$	$\alpha_{M\ddot{S}SiO_3}^{OPX}$	X_{Fe}^{OPX}	T ₁ (℃)	T ₂ (℃)
91169-5	0.035	0.235	0.483	816	854
91203-3	0.009	0.158	0.582	693	693
91181-1	0.012	0.262	0.454	714	702
91202-1	0.010	0.341	0.375	703	669

$$T_1 = \text{Wood and Banno(1973); } T_2 = \text{Wills(1977)}$$

温度在 700℃ 左右, 薄片观察发现, 这些样品 (700℃ 左右) 后期退变质作用表现明显, 而退变质作用不明显的样品 (91169-5) 其温度在 816—854℃ 之间, 平均为 835℃。富铝质片麻岩采用石榴石-黑云母矿物对温度计计算温度。本文使用 Ferry 和 Spear(1978) 公式及 Глебовицкий(1977) 法计算峰期变质阶段的温度 (结果见表 5)。石榴黑云斜长片麻岩及含有矽线石片麻岩的温度为 800℃, 这一结果与前述二辉石温度计的结果是一致的。由此可知, 本

区麻粒岩峰期阶段的温度为835—800℃，温度较低（700℃左右）的样品可能由于后期退变质作用导致辉石组分调整的结果。

表5 片麻岩中根据石榴石-黑云母温度计计算的峰期阶段的温度
Table 5 Temperature of the peak stage calculated by the garnet-biotite thermometer of the gneiss

样品号	X_{Mg}^{Grt}	X_{Mg}^{Bt}	LnK_D	$T_1(°C)$	$T_2(°C)$
91173-1	0.260	0.543	1.219	805	800
91174-1	0.323	0.628	1.263	795	800

$T_1 = \text{Ferry and Spear}(1978)$; $T_2 = \text{Глебовицкий}(1977)$

峰期变质阶段的压力计算采用Gt-P1-Sil-Q组合和Gt-Hy压力计。Gt-P1-Sil-Q组合地质压力计分别采用(1)Ghent(1976), (2)Schmid和Wood(1976)及(3)Perchuk(1983)公式计算, 温度取800℃, 计算结果见表6, 平均压力为0.85GPa。Gt-Hy压力计计算的压力为0.84GPa。以上两种压力计计算的结果是一致的。

表6 片麻岩中根据Gt-P1-Sil-Q组合压力计计算的峰期阶段压力(GPa)
Table 6 Pressure of the peak stage calculated by the Gt-Pt-Sil-Q combined pressure of the gneiss

样品号	$X_{Grt}^{O_1}$	X_{Al}^{Grt}	X_{Pr}^{Grt}	X_{An}^{Pl}	γ_{Gro}	$T(°C)$	P_1	P_2	P_3	$P_{均}$
91174-1	0.023	0.649	0.31	0.276	1.55	800	0.85	0.89	0.81	0.85

3.3 晚期阶段的温度和压力

晚期阶段在富铝质片麻岩中可以见到峰期阶段的矽线石转变为蓝晶石, 而在基性麻粒岩中见到黑云母转变为石榴石+石英+钾长石及钙硅酸盐岩峰期透辉石转变为石榴石+石英组合, 以石榴石-黑云母温度计计算结果(表7)表明, Ferry和Spear(1978)法计算的温度较高, 而其他方法的结果较一致。检查样品发现, 各样品的 $(Ca+Mn)/(Ca+Mn+Fe+Mg)$ 比值大于0.2, 不适合Ferry和Spear法, 故文中舍弃这一结果。通过与透辉石共存的石榴石计算的温度为595, 故认为晚期阶段温度为600—650℃是比较可信的。以石榴石-黑

表7 根据石榴石-黑云母温压计计算的晚期阶段温度和压力
Table 7 Temperature and pressure of the late metamorphic stage calculated by the garnet-biotite temperature-pressure meter

样品号	X_{Mg}^{Grt}	X_{Mg}^{Bt}	LnK_D	T_1	T_2	T_3	$T_4(°C)$	$P(\text{GPa})$
91203-3	0.147	0.435	1.493	670	627	650	640	0.68
91175-2	0.255	0.560	1.477	678	634	590	550	0.72
91203-2	0.136	0.437	1.594	654	617	530	550	

$T_1 = \text{Ferry and Spear}(1978)$; $T_2 = \text{Thompson}(1976)$; $T_3 = \text{Perchuk}(1977)$;
 $T_4 = \text{Глебовицкий}(1977)$; $P = \text{Глебовицкий}(1977)$

云母法估算该阶段的压力为0.68—0.72 GPa。

4 变质作用的 PTt 轨迹

目前的研究表明 (Harley, 1989), 麻粒岩相变质地区的 PTt 轨迹主要有两种形式: 其一为近等温减压 (ITD) 轨迹, 另一为等压冷却 (IBC) 轨迹, 它们与不同的成因过程相联系, 反映麻粒岩相变质作用的大地构造环境。

本区麻粒岩变质作用的 PTt 轨迹为逆时针 (图4), 基本属于一种IBC型的 PTt 轨迹。早期阶段温度为575—600℃, 压力为0.59 GPa

(表3), 位于蓝晶石稳定区 (A区)。基性麻粒岩辉石中残留有 $P1+Hb+Q\pm Bi$ 组合, 而富铝片麻岩中则保留有 $Ky+Bi+P1+Q\pm Kf$, 反映早期阶段角闪岩相的组成矿物达到了平衡。峰期阶段的温度为800—850℃, 压力为0.85 GPa, 相当于矽线石稳定区 (B区)。由早期阶段至峰期阶段先以显著升温为特征, 然后温度和压力同时达到最大值。从岩相学上看, $Bi+Q+(Mus)\rightarrow Sil+Kf+Gt+H_2O$ 等矿物转变以及基性麻粒岩的二辉石组合都说明温度的升高是主要的。这一阶段形成麻粒岩相的主要矿物组合。晚期阶段在矿物转化关系上表现为基性麻粒岩中与辉石平衡共生的黑云母 $Gt+Kf+Q$ 反应边及透辉石的 $Gt+Q$ 反应边生成, 而片麻岩中峰期矽线石转变为蓝晶石, 温度相当于角闪岩相 ($T=620^\circ\text{C}$, $P=0.7\text{ GPa}$), 处于蓝晶石稳定区 (C区), 反映这一阶段以降温为主, 压力变化不明显。

上述 PTt 轨迹的主要特点是早期升温升压, 且 $+\Delta T > +\Delta P$, 随后温度、压力同时达最大值, 发生峰期麻粒岩相变质, 其后发生降温降压的冷却过程, 在这个过程中, 以温度的显著降低为特点。因此, 整个 PTt 轨迹以温度的显著变化为最主要特征, 反映本区太古宙表壳岩系发生麻粒岩相变质时并没有发生强烈的地壳变动, 热流的升高是导致麻粒岩相变质作用的主要原因, 而热流的显著变化可能与地壳深部岩浆垫托等地质过程有关。本区广泛发育的太古宙英云闪长质—奥长花岗质片麻岩形成于岛弧或大陆边缘的构造环境 (葛文春等, 1992), 它是本区表壳岩系发生麻粒岩相变质作用的可能的热流来源。从变质作用早期阶段到峰期阶段, 通过侧向挤压作用地壳加厚, 同时导致地壳深部英云闪长质岩浆的发生, 造成表壳岩系麻粒岩相变质峰期的温度和压力条件。晚期阶段伴随英云闪长质岩浆的结晶作用进入角闪岩相变质作用, 从而完成本区表壳岩系麻粒岩变质旋迴。英云闪长质岩浆结晶时的压力 (0.70—0.77 GPa) 与晚期阶段的压力相当, 亦为岩浆作用与变质作用之间具有成因联系提供了一个佐证。

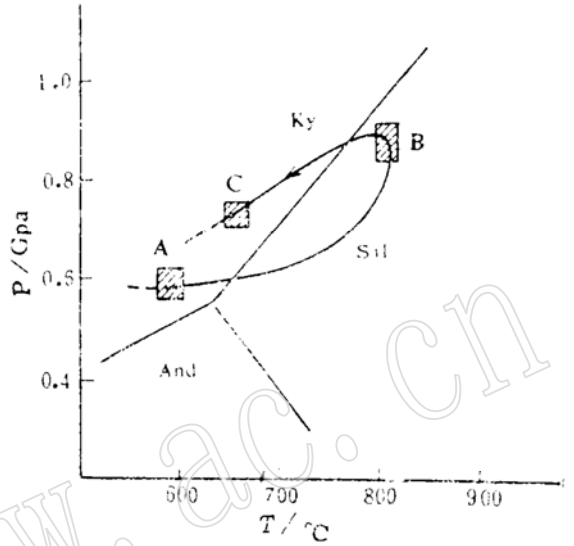


图4 麻粒岩变质作用的 PTt 轨迹

Fig. 4 PTt path of the granulite metamorphism

5 几点认识

1. 本区麻粒岩变质作用过程可以划分为早期角闪岩相、峰期麻粒岩相和晚期角闪岩相三个变质阶段。

2. PTt 轨迹为逆时针形式, 早期以升温为主, 压力变化较小, 随后温度和压力同时达到最大值, 发生峰期麻粒岩相变质。晚期阶段为一近等压冷却过程。

3. 麻粒岩的变质作用发生于岛弧或大陆边缘的构造环境, 其 PTt 轨迹与太古宙英云闪长质岩浆作用有关。

参 考 文 献

- 1 葛文春、吴福元、刘树文, 吉林南部太古宙地质的若干问题, 长春地质学院学报 (早前寒武纪花岗岩专辑), 1992, 84—90.
- 2 阎月华、翟明国, 吉林桦甸太古代杂岩的矿物化学和变质作用的温压条件, 岩石学报, 1988, (3): 15—27.
- 3 孙晓明、徐克勤、任启江、Kcays R. R. 夹皮沟金矿区太古代麻粒岩相岩石的矿物学及其变质作用条件研究, 矿物岩石, 1992, 12(3), 17—26.
- 4 卢良兆、靳是琴、徐学纯、刘福荣, 内蒙古东南部早前寒武纪孔兹岩系成因及其含矿性, 长春: 吉林科学技术出版社, 1992.
- 5 沈其韩、徐惠芬、张宗清、高吉凤、伍家善、吉成林, 中国早前寒武纪麻粒岩, 北京: 地质出版社, 1992.
- 6 秦薰、李志珍、阮忠义、林宝钦、沈华梯, 吉林桦甸麻粒岩的发现与初步研究, 中国地质科学院沈阳地质矿产研究所刊, 1982, (3): 198—204.
- 7 靳是琴、李鸿超, 成因矿物学概论, 长春: 吉林大学出版社, 1986.
- 8 Bohlen S. R. On the formation of granulites. *J. Metamorphic Geol.* 1991, (9): 223—229.
- 9 Harley S. I. The origins of granulites, a metamorphic perspective. *Geol. Mag.* 1989, (126): 215—247.

The Metamorphic PTt Path of Archean Granulites in Huadian Area, Jilin Province

Ge Wenchun, Sun Deyou, Wu Fuyuan, Lin Qiang

(Department of Geology, Changchun College of Geology, Changchun 130026)

Key words: Huadian area, granulite facies metamorphism, PTt path

Abstract

The supercrust rocks such as basic granulites and aluminium-rich gneisses located in Huadian area, Jilin Province, have undergone the granulite facies metamorphism. According to associations and transformation relations of minerals, metamorphism of granulites can be divided into three stages, i. e., the early amphibolite facies metamorphic stage ($T=575-600^{\circ}\text{C}$, $P=0.59$ Gpa), the peak granulite facies metamorphic stage ($T=835^{\circ}\text{C}$, $P=0.85$ Gpa), and the late amphibolite facies metamorphic stage ($T=620^{\circ}\text{C}$, $P=0.7$ Gpa), which make up an anticlockwise PTt path. The IBC path suggests that these metamorphic rocks were formed in island arc or active epicontinental environments.