

胶南造山带变质岩系中角闪石的初步研究

宋 明 春

(山东省地质调查研究院)

摘要 本文对胶南造山带变质岩系中角闪石的基本特征及形成条件进行了初步研究, 根据不同地质单元中角闪石的类型、赋存状态、矿物组合等矿物学特点及电子探针分析结果, 认为该区角闪石主要属钙质角闪石亚类。其形成的温压范围是: 温度 545~ 806.5 , 压力主要在 0.25~ 1.2GPa 之间。

关键词 角闪石 变质条件 胶南造山带

胶南造山带是秦岭-大别造山带的东延。在胶南造山带以角闪岩相^[1]为主的变质岩系中, 广泛发育有高压-超高压变质的榴辉岩。角闪石是胶南造山带变质岩系中的常见矿物之一, 对其进行研究有助于了解该造山带形成与演化的热动力条件。

1 区域地质概况

近期研究^[2]表明, 胶南造山带是一条主要由晚元古代变质花岗岩类侵入体组成的造山带, 这些变质花岗岩类分别被划为荣成超单元、月季山超单元及铁山超单元^[3]。该造山带中尚有少量变质地层(胶东岩群、荆山群、粉子山群及册河石岩组)、变质基性-超基性岩(海阳所超单元)及榴辉岩, 这些地质体多在变质花岗岩中呈透镜状产出。该区还分布较多由深层次构造岩^[4]组成的韧性剪切带及少量穹窿构造(图 1)。角闪石主要赋存于荆山群、月季山超单元、变质基性岩及榴辉岩中。

2 角闪石的矿物学特征

胶南造山带各地质单元中, 与角闪石共存的矿物组合和角闪石的赋存状态各不相同。同时, 不同变质作用条件下角闪石的类型也不同(表 1)。荆山群及月季山超单元中的角闪石多呈不规则粒状的多晶集合体, 变质基性岩中的角闪石则呈柱粒状、较自形的单晶, 而榴辉岩中的角闪石常呈不规则状(或蠕虫状)与斜长石交生。阳起石一般形成于绿帘角闪岩相条件下, 绿钠闪石存在于角闪岩相至麻粒岩相环境中, 普通角闪石存在于绿片岩相至麻粒岩相的较宽广的环境中, 韭闪石主要形成于麻粒岩相条件下。

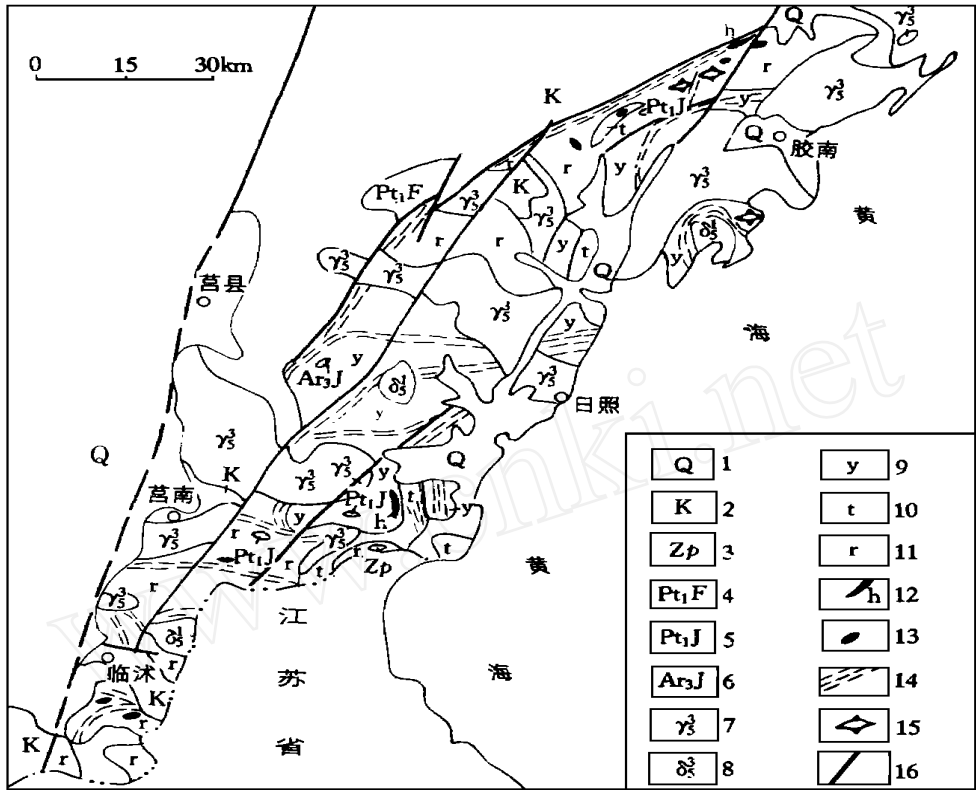


图1 胶南造山带地质略图

Fig 1 Geological sketch of Jiaonan orogenic zone

1—第四系; 2—白垩系; 3—朋河石岩组; 4—粉子山群; 5—荆山群; 6—胶东岩群; 7—中生代花岗岩类; 8—印支期闪长岩类; 9—月季山超单元; 10—铁山超单元; 11—荣成超单元; 12—海阳所超单元; 13—榴辉岩; 14—韧性剪切带; 15—穹窿构造; 16—断裂

表1 不同变质作用条件下角闪石类型及矿物组合

Table 1 Amphibolites types and mineral associations related in different metamorphic conditions

地质单元	矿物组合	变质相
荆山群	Act(阳起石)+ Bi(黑云母)+ Pl(斜长石)+ Q(石英)+ Ep(绿帘石) + Chl(绿泥石)+ Ms(白云母)	绿帘—角闪岩相 (A EA)
月季山单元	Ha(绿钠闪石)+ Gt(石榴石)+ Pl+ Kf(钾长石)+ Q	角闪岩相—麻粒岩相 (A—GR)
变质基性岩	Hb(普通角闪石)+ Pl+ Ma(磁铁矿)	绿片岩相—麻粒岩相 (GS—GR)
榴辉岩	Parg(韭闪石)+ Pl+ Gt+ Om(绿辉石)+ Ru(金红石)+ Di(透辉石)	麻粒岩相 (GR)

电子探针测定的角闪石化学成分列于表 2。由表看出: 荆山群中角闪石的 SiO_2 含量较高, 月季山超单元较低, 变质基性岩中等, 而榴辉岩则变化较大; 月季山超单元中角闪石之全铁含量较高, 荆山群角闪石中 MgO 含量高, 榴辉岩角闪石中的 Na_2O 含量较高, Na_2O 含量高指示形成的压力高, TFe, MgO 含量高指示形成的温度高, 而 SiO_2 含量高可能指示有流体的参与。

表 2 不同地质单元中角闪石电子探针分析结果 ($wt\%$)Table 2 Electron probe analysis results ($wt\%$) of amphibolites in different geological units

地质单元	荆山群				月季山超单元					变质基性岩					榴辉岩				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15				
SiO_2	52.50	47.70	37.18	39.99	44.17	40.47	46.32	42.41	43.80	41.54	36.79	63.60	53.04	37.84	42.45				
TiO_2	0.15	0.46	0.46	0.89	0.66	0.21	1.52	1.91	0.41	0.37	T	T	T	0.20	0.46				
Al_2O_3	4.22	8.11	10.93	10.20	13.28	15.75	7.35	11.17	11.31	16.94	20.27	11.72	5.33	19.68	13.30				
FeO	13.70	16.34	33.54	26.24	16.04	20.31	20.46	19.74	19.05	16.62	22.79	4.71	7.82	19.80	18.59				
MnO	0.34	0.55	0.76	1.29	T	T	0.19	0.18	0.30	T	0.17	T	T	T	0.51				
MgO	14.29	11.32	1.40	5.38	9.72	6.82	9.44	8.42	9.14	8.31	4.52	6.42	9.28	6.24	9.22				
CaO	11.81	11.81	9.26	10.98	10.34	9.97	11.41	10.83	10.35	9.15	11.06	8.36	17.96	10.04	11.06				
Na_2O	0.71	0.71	2.00	1.54	3.13	2.75	1.50	2.38	2.40	4.37	1.92	2.91	4.02	3.47	1.71				
K_2O	T	0.72	2.66	1.51	1.06	1.41	0.27	1.35	1.20	0.27	0.19	0.22	0.17	1.01	0.53				
Sum	97.70	97.72	98.20	97.99	98.40	97.70	98.45	98.39	97.95	97.60	97.72	97.94	97.63	98.27	97.84				

以 23 个氧为基础的阳离子数

Si	7.560	7.032	6.171	6.248	6.521	6.139	6.921	6.418	6.572	6.163	5.562	8.439	7.666	5.70	6.310
Al^{IV}	0.440	0.968	1.829	1.752	1.479	1.861	1.079	1.582	1.428	1.837	2.438	0	0.334	2.30	1.690
Al^{VI}	0.277	0.441	0.309	0.126	0.831	0.954	0.215	0.410	0.572	1.126	1.174	1.833	0.574	1.193	0.641
Ti	0.016	0.051	0.057	0.105	0.073	0.024	0.171	0.217	0.046	0.041	0	0	0	0.023	0.051
Fe^{3+}	0.184	0.232	0.578	0.824	0.086	0.343	0.245	0.170	0.324	0.262	0.887	0	0	0.393	0.608
Fe^{2+}	1.466	1.783	4.078	2.604	1.894	2.233	2.311	2.328	2.066	1.8	1.995	0.523	0.945	2.102	1.704
Mg	3.068	2.488	0.035	1.246	2.139	1.542	2.103	1.9	2.045	1.845	1.019	1.270	2	1.401	2.043
Mn	0.041	0.069	0.107	0.160	0	0	0.024	0.023	0.038	0	0.022	0	0	0	0.064
Ca	1.822	1.865	1.647	1.838	1.636	1.620	1.827	1.756	1.664	1.455	1.792	1.188	2	1.620	1.762
Na	0.198	0.203	0.644	0.467	0.896	0.809	0.434	0.698	0.698	1.257	0.563	0.749	1.127	1.013	0.493
K	0	0.135	0.563	0.301	0.2	0.273	0.051	0.261	0.230	0.051	0.037	0.037	0.031	0.194	0.101

注: 测试分析由北京大学分析测试中心电子探针实验室完成; 表中 T 表示微量; Fe^{3+} 和 Fe^{2+} 用限定计算求得; FeO 为电子探针分析的 TFe 以 FeO 形式给出的值。

鉴于角闪石族矿物异常复杂, 国际矿物协会新矿物和矿物名称委员会建议按角闪石的化学成分和晶体结构分类, 首先分为四个亚类, 进一步根据 $Si, Mg / (Fe^{2+} + Mg)$ 及某些特征元素的原子数加以细分 (Leake, 1978)^[5]。本区角闪石的特征参数为:

$$Mg/(Fe^{2+} + Mg) = 0.01 \sim 0.71$$

$$(Ca + Na)_B = 1.84 \sim 2.00 (> 1.34)$$

$$(K + Na)_A = 0.04 \sim 1.16$$

$$N_{ab} = 0 \sim 0.47 (< 0.67, 7 \text{号样 } N_{ab} = 0.75)$$

$$C_{ab} = 1.19 \sim 2.00 (\text{除 } 7 \text{号样外均大于 } 1.34)$$

据此本区角闪石绝大部分属钙角闪石类, 只有7号样品为钠钙角闪石类中的蓝透闪石。最近个别地区发现有碱角闪石类中的钠闪石。

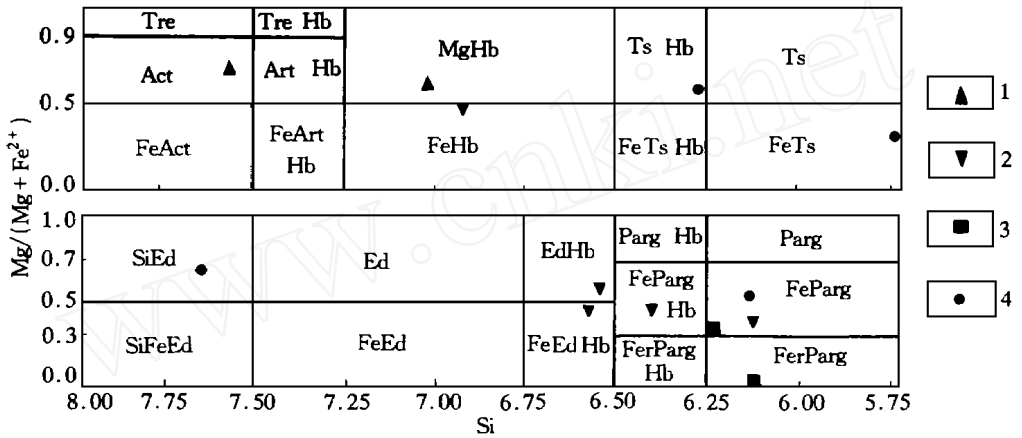


图2 钙质角闪石分类图
(据Leake, 1985)

Fig. 2 Classification figure of calcareous amphibolites

1—荆山群中的角闪石; 2—月季山超单元中的角闪石; 3—变质基性岩中的角闪石; 4—榴辉岩中的角闪石; Tre—透闪石; Hb—普通角闪石; Ts—钙镁闪石; Act—阳起石; Ed—浅闪石; Parg—非闪石; Fe—铁质; Fer—低铁; Mg—镁质; Si—硅质

钙质角闪石的详细命名见图2。可以看出, 荆山群中的角闪石为阳起石—镁普通角闪石; 变质基性岩中主要为浅闪石质普通角闪石—低铁非闪石; 月季山超单元角闪石投点于低铁非闪石及含低铁非闪石区, 但其 $Fe^{3+} > Al^{VI}$ (六次配位的铝), 应为绿钠闪石; 榴辉岩中角闪石种类较复杂, 主要有钙镁闪石、铁非闪石、硅质浅闪石及蓝透闪石等, 说明榴辉岩经历的变质变形作用较复杂。其它地质体的变质变形作用则相对简单。

3 角闪石的成因及形成条件

3.1 角闪石的成因

角闪石的成因主要有火成角闪石与变质角闪石之分, 在 Ti—Si 关系图上(图3)火成角闪石投影区比变质闪石投影区要宽得多。胶南造山带角闪石主要投影于变质闪石区, 说明

其以变质成因为主。角闪石的岩相学特征也指示了其变质成因。

3.2 角闪石的形成条件

角闪石的 Al^{IV}/Al^{VI} 值可以确定其变质相。将本区角闪石投点于 $Al^{IV}-Al^{VI}$ 变异图中(图 4), 可以看出其投点较分散, 从绿片岩相—麻粒岩相均有。变质地层中的角闪石投入绿帘角闪岩相和角闪岩相区; 月季山超单元中的角闪石投入角闪岩相—麻粒岩相区; 变质基性岩投入绿片岩相和麻粒岩相区; 榴辉岩中的角闪石则投入麻粒岩相区。

按赫兹(1972)角闪石地质温度计计算(表 3), 研究区角闪石的温度范围为 545~ 806.5。除变质基性岩中的 2 个样品(7、8 号)和月季山超单元中的 1 个样品(4 号)分别达麻粒岩相和高角闪岩相的温度范围外, 其它均处于高绿片岩相—低角闪岩相的温度范围。

按照角闪石中全铝含量与压力的关系计算本区角闪石形成的压力范围为 0.035~ 1.565GPa, 多在 0.25~ 1.2GPa 之间。榴辉岩中角闪石形成的压力值较大, 其次是变质基性岩, 再次是月季山超单元。

4 结 论

(1) 胶南造山带中角闪石主要赋存于荆山群、月季山超单元、变质基性岩及榴辉岩中。

(2) 角闪石的类型主要为钙角闪石类, 且多为 $(Na+K)_A < 0.5$ 的浅闪石—韭闪石类。

(3) 角闪石为变质成因, 其形成的温度条件为 545~ 806.5, 压力多为 0.25~ 1.2GPa。变质基性岩中角闪石的形成温度较高, 榴辉岩中角闪石形成的压力较高。

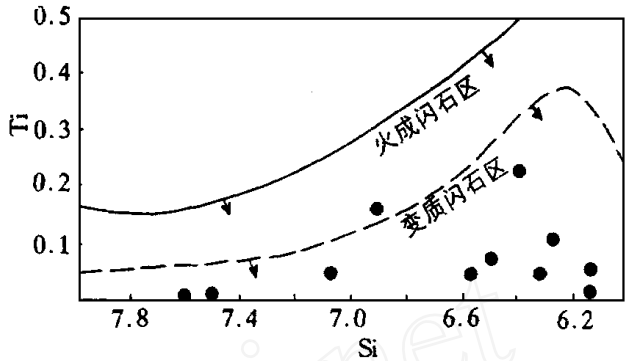


图 3 角闪石的 Ti-Si 变异图

(据 Leake, 1985)

Fig. 3 Ti-Si variogram of amphibolites

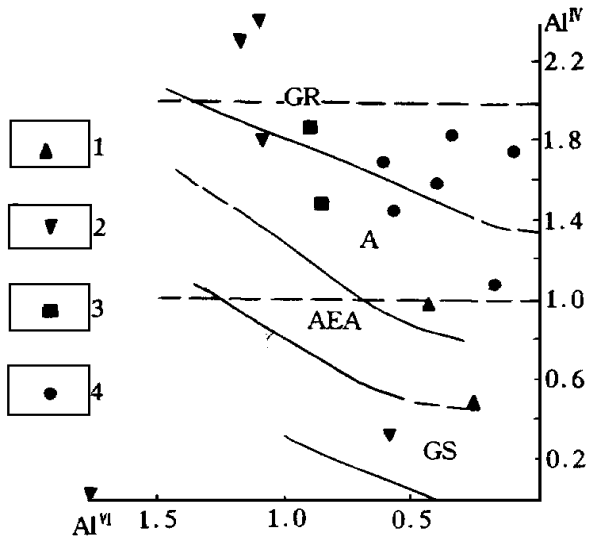


图 4 角闪石的 $Al^{IV}-Al^{VI}$ 变异图

(据萨克路特金, 1968)

Fig. 4 $Al^{IV}-Al^{VI}$ variogram of amphibolites

1—荆山群中的角闪石; 2—月季山超单元中的角闪石; 3—变质基性岩中的角闪石; 4—榴辉岩中的角闪石; GS—绿片岩相; AEA—绿帘角闪岩相; A—角闪岩相; GR—麻粒岩相

表 3 角闪石形成的温压条件

Table 3 Temperature and pressure conditions of the amphibolites forming

地质单元	荆山群		月季山单元		变质基性岩					榴辉岩					
样品序号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
温度()	564	560	614	670	633	573	750	806	600	594	754	545	545	572	606
压力 (GPa)	P_1	- 0.311	0.644	0.545	0.766	1.011	0.253	0.604	0.605	1.088	1.409	0.528	0.063	1.348	0.768
	P_2	- 0.314	0.688	0.577	0.824	1.050	0.250	0.644	0.644	1.185	1.565	0.558	0.036	1.478	0.827
	P_3	- 0.431	0.529	0.445	0.633	0.842	0.197	0.496	0.496	0.907	1.180	0.431	0.035	1.129	0.635

注: 样品序号与表 2 一致; P_1 , P_2 , P_3 分别为使用 Hammarstrom, Zrn (1986); Hollister (1987) 和 Johnson, Rutherford (1988) 的压力关系式计算的结果。

参 考 文 献

- [1] 宋明春, 王来明. 胶南造山带变质作用及演化. 山东地质, 1997, 13(1): 60~ 65
- [2] 张成基, 王世进. 胶南造山带研究新进展. 山东地质, 1997, 13(1): 1~ 11
- [3] 宋明春, 张京信, 吕发堂. 胶南地区前寒武纪侵入岩岩石谱系单位划分及地壳演化. 山东地质, 1997, 13(1): 40~ 49
- [4] 张希道, 宋明春. 鲁东南莒南一带深层次构造岩的变形相及变形的温压条件分析. 岩石学报, 1994, 10(1): 81~ 93
- [5] Leake, B E. Nomenclature of Amphiboles. Can. Min., 1978, 16(4): 501~ 520

PRELIMINARY STUDY ON THE AMPHIBOLITES IN THE METAMORPHIC ROCK SERIES OF JIAONAN OROGENIC ZONE

Song Mingchun

(Shandong Geological Survey Institute)

Abstract

In this paper, the basic characteristics and forming condition of the amphibolites in metamorphic rock series of Jiaonan orogenic zone have been preliminarily studied. According to the types, occurrence states, mineral associations and electron probe analysis results of the amphibolites in different geological units, it is said that the amphibolites in this area mainly belong to a calcareous amphibolites subtype. The scopes of their forming temperature and pressure are as follows: temperature varies from 545 to 806.5 and the pressure from 0.25 GPa to 1.2 GPa.

Key words: amphibolites, pressure and temperature condition of metamorphism, Jiaonan orogenic zone