

南极中山站石榴石变粒岩的岩石学矿物学及其变质作用研究*

韩宗珠 且钟禹 盛兴土^①

(青岛海洋大学海洋地质系, 青岛 266003)

(^①湖南矿产测试利用研究所, 长沙 410011)

收稿日期 1991年1月6日

关键词 南极中山站, 石榴石变粒岩, 岩石学, 矿物学, 变质作用

提要 本文报道了南极拉斯曼丘陵“中山站”石榴石变粒岩的岩石学和矿物化学特征; 确定了其矿物组合及世代演化关系, 利用电子探针分析了其特征变质矿物的化学组成, 最后推断东南极拉斯曼丘陵地区曾发生过麻粒岩相变质作用和混合岩化作用。

本文主要对1989年3月“极地号”南极调查船采自东南极拉斯曼丘陵中山站附近的石榴石变粒岩的岩石学矿物学和变质作用进行研究。

I. 岩石学特征

南极中山站石榴石变粒岩呈浅黄色, 主要矿物组成为长石(70%±)、石英(20%±)、石榴石(2~3%)、尖晶石(3~4%)和黑云母(1~2%)。星点状分布的石榴石和尖晶石呈定向排列, 构成条带状构造, 细粒粒状变晶结构, 矿物平均粒径0.5~1.0mm。

在石榴石变粒岩中央有粒度较粗的长英质脉体, 主要由长石(40~50%)和石英(50%±)组成, 少量的石榴石和尖晶石成团聚集呈斑杂状, 黑云母较少。矿物粒径一般为0.5~1.0cm, 具粗粒粒状变晶结构。

显微镜下观察表明, 南极中山站石榴石变粒岩由3个世代的矿物组合。

第一世代的矿物组合为: 黑云母+斜长石+石英+矽线石, 这一矿物组合代表角闪岩相变质作用阶段。

第二世代的矿物组合为: 石榴石+尖晶石+钾长石+斜长石+石英, 这一矿物组合代表

由第一世代的矿物组合发生麻粒岩相进行变质作用^[1], 它包括了矿物间的变质反应和钾的交代作用, 在显微薄片交代蚕蚀结构、交代残留结构、交代蠕英结构、交代净边结构、交代穿孔结构和花斑结构十分普遍。

第三世代的矿物组合为: 钾长石+石英+绿帘石+绿泥石, 这一矿物组合代表退变质作用条件下石榴石、黑云母等矿物的分解以及混合岩化作用的发生。另外, 在石榴石变粒岩中所夹的粗粒长英质脉体中, 钾长石和石英的交代作用极其强烈, 斜长石多为残留的孤岛存在于钾长石和石英之中, 石榴石也遭受程度不同的交代蚕蚀。由于交代作用的影响, 岩石粒度变粗, 由细粒变为粗粒。

II. 矿物学及矿物化学

II. 1. 石榴石

南极中山站石榴石变粒岩中的石榴石呈粒状、星点状, 血红色, 定向排列构成条带状, 含量约2~3%, 显微镜下为无色, 正极高突起, 包含

* 样品由国家海洋局北海分局提供, 工作中得到青岛海洋大学基础地质教研室许多老师的支持和帮助, 谨此致谢。

变晶结构或筛状变晶结构。石榴石晶体自形程度高，后期水的交代部分转变为绿帘石和绿泥石。

石榴石变粒岩中 8 个石榴石样品的电子探针分析结果列入表 1。表中同时列出了以 12 个氧原子为基础的阳离子数和石榴石端元组分百分含量。

在镁铝榴石-铁铝榴石+锰铝榴石-钙铝榴石

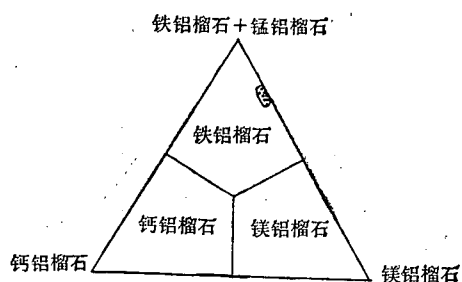


图 1 南极中山站石榴石变粒岩中石榴石在镁铝榴石-铁铝榴石+锰铝榴石-钙铝榴石三角图中的位置

Fig. 1 The seat of garnets from garnet granulite at the Zhongshan station, Antarctic in the triangle diagram of pyrope-almandine + manganesian garnet-grossularite

石三角分类图上，南极中山站石榴石变粒岩中的石榴石应属铁铝榴石（图 1）。

在从柏林等^[2]的石榴石中 $Mg/(Mg + Fe^{2+} + Mn) - Ca^{2+}$ 相关性图解中（图 2），南极中山站石榴石变粒岩中的石榴石位于麻粒岩相区域之内，表明中山站石榴石变粒岩形成于麻粒岩相变质条件之下，这与利用矿物组合的判断相一致。

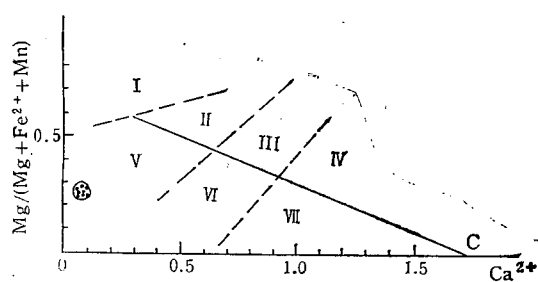


图 2 南极中山站石榴石变粒岩中石榴石的 $Mg/(Mg + Fe^{2+} + Mn) - Ca^{2+}$ 相关性图解（据从柏林等, 1977）

Fig. 2 Diagram of $Mg/(Mg + Fe^{2+} + Mn) - Ca^{2+}$ of garnet from garnet granulite at the Zhongshan, Antarctic (after Ceng Bolin, et al., 1977)
I, II, III, IV——地幔成因石榴石; V——麻粒岩相石榴石; VI——角闪岩相石榴石; VII——蓝闪片岩相石榴石

表 1 南极中山站石榴石变粒岩中石榴石的电子探针分析结果

Tab. 1 The electronprobe analyses of garnet from garnet granulite at the Zhongshan station Antarctic

样品号	Gt-1	Gt-2	Gt-3	Gt-4	Gt-5	Gt-6	Gt-7	Gt-8
SiO ₂	38.28	38.45	37.84	38.06	38.21	37.94	38.09	37.94
TiO ₂	0.06	0.03	0.04	0.03	0.03	0.02	0.02	0.03
Al ₂ O ₃	21.76	21.58	21.54	21.56	21.43	21.96	21.44	21.67
FeO*	31.82	31.79	31.71	31.06	31.68	31.38	31.54	31.53
MnO	1.47	1.48	1.47	1.18	1.24	1.17	1.18	1.20
MgO	5.14	5.91	5.73	5.83	7.30	6.27	6.95	6.44
CaO	0.97	1.04	1.04	1.04	1.08	1.35	0.99	0.95
Na ₂ O	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01
K ₂ O	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Cr ₂ O ₃	0.04	0.03	0.10	0.03	0.03	0.03	0.04	0.03
总量	99.56	100.32	99.49	98.81	101.01	100.73	100.26	99.81

以 12 个氧原子为基础的阳离子数

Si	3.027	3.018	3.000	3.022	2.977	2.965	2.988	2.990
AlIV	0.000	0.000	0.000	0.000	0.023	0.035	0.012	0.010
AlVI	2.028	1.996	2.022	2.018	1.945	1.967	1.970	1.991
Ti	0.003	0.002	0.003	0.002	0.002	0.001	0.001	0.002
Fe ³⁺	0.000	0.000	0.000	0.000	0.066	0.014	0.033	0.002
Fe ²⁺	2.017	2.087	2.102	2.063	1.999	2.037	2.036	2.076
Mn	0.099	0.098	0.099	0.079	0.082	0.117	0.078	0.080
Mg	0.606	0.691	0.677	0.691	0.848	0.730	0.813	0.757
Ca	0.082	0.087	0.088	0.088	0.090	0.113	0.083	0.080
Na	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001
K	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
Cr	0.003	0.003	0.006	0.003	0.003	0.003	0.003	0.002
合 计	7.957	7.983	7.989	7.966	8.036	7.983	8.051	7.992

石榴石端元组分百分含

钙铬榴石	0.2	0.1	0.2	0.1	0.1	0.2	0.1	0.1
钙铁榴石	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
镁铝榴石	20.9	23.3	22.8	23.6	28.1	24.3	27.0	25.3
锰铝榴石	3.4	3.3	3.3	2.7	2.7	3.9	2.6	2.7
钙铝榴石	2.7	2.9	2.9	3.0	0.0	2.2	1.0	2.5
铁铝榴石	72.8	70.4	70.7	70.6	66.2	68.7	67.6	69.3

* FeO 为全铁, 后同。

II. 2. 尖晶石

南极中山站石榴石变粒岩中的尖晶石呈星点状, 不规则状, 自形程度较低, 尖晶石呈定向排列构成暗色条带。偏光镜下, 尖晶石呈暗绿色, 半透明, 正高突起, 晶形不规则, 含量 2~3%, 粒径小于 1mm, 为细粒粒状变晶结构, 在小晶石晶体中包含有黑云母的晶体。表明它晚形成于黑云母, 为第二世代的产物。

南极中山站石榴石变粒岩中 4 个尖晶石的电子探针分析结果列入表 2, 同时列出了以 4 个氧原子为基础的阳离子数。以其阳离子组成来看, 南极中山站石榴石变粒岩中的尖晶石属铁尖晶石^[3]。

在变粒岩中很少报道有尖晶石存在, 南极石榴石变粒岩中石榴石与尖晶石共存, 一方面表明其原岩富铝, 另一方面也表明该变质作用的温压条件为石榴石 $\rightleftharpoons$ 尖晶石相变的临界温压条件, 由此推断南极中山站石榴石变粒岩的形成温压条件大致为 700~800℃, 9~11kb^[4]。

II. 3. 斜长石

南极中山站石榴石变粒岩中的斜长石呈板

条状, 半自形-它形结构, 受后期钾质交代作用影响呈孤岛状(交代残留体)、港湾状(交代蚕蚀), 聚片双晶发育, 呈孤岛状分布于钾长石或石英中的斜长石由于受交代作用的影响聚片双晶显得模糊不清。利用垂直(010)晶带最大消光角法测得斜长石的号码 An 为 36。利用电子探针测得斜长石的化学成分列入表 3, 同时列出以 8 个氧原子为基础的阳离子数, 经计算得到斜长石的号码 An 为 34.5, 与显微镜下的测定结果相一致, 属中长石。

从斜长石的结构来看, 部分斜长石自形程度较高, 为麻粒岩相变质作用条件下的产物, 另一部斜长石则受后期钾、硅流体交代, 形成交代蚕蚀结构, 并形成钾长石和石英。尤其是在石榴石变粒岩中的粗粒长英质脉体中, 钾长石和石英交代斜长石的现象普遍存在, 且交代作用十分强烈, 斜长石多呈孤岛状存在于钾长石或石英中, 由于推测在石榴石变粒岩在麻粒岩相变质作用之后, 又经受了混合岩化作用, 导致斜长石的交代作用和绿帘石等第三代矿物的形成。

表2 南极中山站石榴石变粒岩中尖晶石的电子探针分析结果

Tab. 2 The electronprobe analyses of spinel from garnet granulite at the Zhongshan station, Antarctic

样品号	Sp-1	Sp-2	Sp-3	Sp-4
SiO ₂	0.00	0.00	0.00	0.00
TiO ₂	0.00	0.00	0.00	0.00
Al ₂ O ₃	57.89	57.67	58.50	58.74
FeO*	37.72	37.38	36.81	37.20
MnO	0.17	0.13	0.17	0.09
MgO	4.19	4.22	4.06	4.12
CaO	0.02	0.02	0.02	0.01
Cr ₂ O ₃	0.10	0.13	0.13	0.07
总 量	100.09	99.55	99.69	100.23

以4个氧原子为基础的阳离子数

Si	0.000	0.000	0.000	0.000
Ti	0.000	0.000	0.000	0.000
Al ^{iv}	1.944	1.945	1.962	1.960
Fe ³⁺	0.054	0.052	0.035	0.039
Fe ²⁺	0.845	0.842	0.841	0.842
Mn	0.004	0.003	0.004	0.002
Mg	0.178	0.180	0.172	0.174
Ca	0.001	0.001	0.001	0.000
Cr	0.002	0.003	0.003	0.001
合 计	3.028	3.026	3.018	3.018
Fe ²⁺ /Mg	4.747	4.678	4.890	4.839

表3 南极中山站石榴石变粒岩中斜长石的电子探针分析结果

Tab. 3 The electronprobe analyses of plagioclase from garnet granulite at the Zhongshan station, Antarctic

样 品 号	Pl-1	以8个氧原子为基础的阳离子数	
SiO ₂	59.15	Si	2.653
TiO ₂	0.00	Ti	0.000
Al ₂ O ₃	25.73	Al	0.347
FeO*	0.00	Al	1.013
CaO	6.90	Fe	0.000
Na ₂ O	7.24	Ca	0.332
K ₂ O	0.29	Na	0.629
总 量	99.31	K	0.017
		An	34.500

参考文献

- [1] H. G. F. 温克勒著, 周云生译, 1980. 变质岩成因, 科学出版社, 210~242。
- [2] 从柏林、张受华, 1977. 榴辉岩中的石榴石. 科学通报 8: 413~416。
- [3] 靳是琴、李鸿超, 1986. 成因矿物学概论. 吉林大学出版社, 51~56 页。
- [4] O'Neill, H. S. C., 1981. The transition between spinel lherzolite and garnet lherzolite, and its use as a geobarometer, *Contrib. Mineral. Petrol.* 77 (2): 185-194.

THE PETROLOGY, MINERALOGY AND METAMORPHISM OF GARNET GRANULITE FROM THE ZHONGSHAN STATION, ANTARCTIC

Han Zongzhu, Qie Zhongyu and Sheng Xingtu^①

(*Department of Marine Geology, Ocean University of Qingdao 266003*)

(^① *Hunan Institute of Test and Utilization of Mineral Resources, Changsha 410011*)

Received: Jan. 6, 1991

Key Words: The Zhongshan Station, Antarctic, Garnet granulite, Petrology, Mineralogy, Metamorphism

Abstract

Study of petrology, mineralogy and metamorphism is made on garnet granulite at the Zhongshan Station, Antarctic. The garnet granulite is composed of three generation mineral assemblages, the first one is biotite + plagioclase + quartz + sillimanite; the second one is garnet + spinel + plagioclase + quartz; the third one is potash feldspar + quartz + epidote + chlorite. The garnet is almandine, the spinel is hercynite, the plagioclase is andesine.

The garnet granulite went through granulite-face metamorphism at temperature 700-800°C and pressure 9-11kb. Metasomatism or migmatization took place after granulite-face metamorphism.