

辽西元古宙旧庙基性杂岩的 演化及地球动力学意义

孙景贵

(长春地质学院, 长春 130061)

关键词 基性杂岩 岩浆演化 元古代 辽西

前寒武纪地质研究已在稳定克拉通地块中取得显著进展^[1]。但显生宙造山带内保留的前寒武纪地质记录的研究相对薄弱, 尤其是元古宙侵入岩的工作, 甚为欠缺。本文选择华北陆台北缘元古代旧庙基性杂岩, 结合近年取得的新资料, 提出一点粗浅的看法。

1 地质背景

旧庙基性杂岩位于辽宁阜新市北约 60 km 处, 大地构造分区隶属于华北陆台北缘、内蒙地轴建平台拱旧庙断凸区^[2]。北侧为近东西向赤峰—开源断裂, 东侧为医匡闾山北东向断隆带。区内主要岩石为太古宙片麻岩(原建平群)、中生代花岗岩及火山岩。座座

旧庙一带的基性杂岩呈大小不等的岩株产出, 北北东向排布, 侵入太古宙片麻岩, 围岩为片麻岩、斜长角闪岩等。出露面积最大的是旧庙基性杂岩体, 面积约为 70 km², 平面上呈椭圆形, 长轴北北东。杂岩体可分为 3 个侵入岩相, 从早到晚为二辉辉石岩相、辉长苏长岩相、角闪辉长岩相。其中: (1) 二辉辉石岩相呈包体分布在辉长苏长岩相中, 主要岩石类型有角闪二辉辉石岩, 斑状含长角闪二辉辉石岩-辉长苏长岩等。有角闪石充填在紫苏辉石、普通辉石粒间和呈巨斑晶($d = 1 \sim 3$ cm)状分布, 巨晶体内常见到含有浑圆状上述两种辉石, 时有少量基性斜长石。(2) 辉长苏长岩相主要分布在角闪辉长岩相的底部。旧庙杂岩体东南侧, 与角闪辉长岩呈渐变关系。主要岩石类型有角闪辉长苏长岩, 含紫苏辉石辉长岩等, 局部出现角闪斜长岩, 呈分异条带状。局部含少量角闪石巨晶($< 5\%$, $d = 1 \sim 2.5$ cm), 内部包有浑圆状紫苏辉石、普通辉石、斜长石等。(3) 角闪辉长岩相为旧庙基性杂岩的主体岩相。主要岩石类型为浅色角闪辉长岩、暗色角闪辉石岩、角闪斜长岩(呈条带状或透镜状沿面理分布)等。矿物蚀变较明显。

2 地球化学

有关样品的岩石化学、微量和稀土元素的测定结果列于表 1、2。

表 1 旧庙基性杂岩主要元素的含量(%)

岩相	二辉辉石岩			辉长苏长岩				角闪辉长岩		
	角闪二辉辉石岩	斑状辉长苏长岩-含长角闪辉石岩		中粒角闪辉长苏长岩		中粒含紫苏角闪辉长岩		中-粗粒角闪辉长岩		世界拉斑玄武岩均值 ^[3]
样品号	A -29-1	A -7-1	A -9-2	A -22-1	A -26-1	A -13-1	A -6-2	A -6-1	A -13-3	
SiO ₂	53.26	53.58	49.66	47.92	40.40	45.40	46.34	44.08	51.14	50.07
TiO ₂	0.56	0.84	0.50	1.64	3.60	2.20	1.44	1.64	0.80	2.00
Al ₂ O ₃	3.48	9.34	16.00	7.09	15.49	18.37	21.63	20.81	7.98	14.40
Fe ₂ O ₃	5.20	4.57	3.31	6.01	9.24	7.53	5.65	6.88	3.34	3.20
FeO	7.36	7.95	6.41	9.66	9.57	7.03	4.98	5.63	7.32	9.80
MgO	15.55	7.85	9.33	11.01	5.22	4.80	3.14	11.01	12.00	6.20
CaO	11.13	12.99	11.34	13.71	10.82	9.50	11.77	13.71	13.86	9.40
Na ₂ O	0.21	0.95	2.04	0.84	2.70	2.66	2.85	0.84	0.86	2.60
K ₂ O	0.10	0.23	0.20	0.28	0.53	0.38	0.46	0.28	0.31	1.00
P ₂ O ₅	0.08	0.07	0.06	0.22	0.2	0.12	0.15	0.22	0.15	
MnO	0.18	0.18	0.15	0.16	0.11	0.15	0.13	0.16	0.20	0.20
CO ₂	0.09	0.02	0.04	0.06	0.19			0.06		
H ₂ O ⁺	2.56	1.36	0.98	1.25	0.92			1.25	2.04	
SO ₂	0.32	0.05	0.00	0.10	0.85	1.83	1.27	0.10		
总计	100.08	99.98	100.02	99.95	100.18	99.97	100.01	99.95	100.00	99.50
X	0.18	0.21	0.23	0.23	0.23	0.23	0.24	0.19	0.20	
CaO/Na ₂ O	53	13.67	5.56	16.32	4.01	3.57	4.13	16.32	16.12	
Na ₂ O/K ₂ O	2.1	4.13	10.2	5.00	7.15	7.0	6.20	3.00	2.77	
CO ₂ /H ₂ O	0.035	0.014	0.041	0.048	0.21			0.048		

分析者: 长春地质学院测试中心(1995)

2.1 常量元素

主要氧化物成分相当于富钙的镁铁质、部分为超镁铁质岩^[2]。碱-硅图解标定为亚碱性, AMF 图解(图 1) 表现为拉斑玄武岩系列。与世界拉斑玄武岩的均值^[4] 相比, Fe₂O₃、CaO、MgO 相对高, FeO、TiO₂、MnO、K₂O 相对低。且从早到晚 SiO₂ 相对减少, Al₂O₃、TiO₂、Na₂O、K₂O、< FeO > 增加, MnO、MgO 降低, 与正常演化略有不同。其原因是因为该岩体以早期结晶的矿物相辉石为主, 中期以基性斜长石镁角闪石、少量辉石(普通辉石), 晚期为钙镁角闪石、中基性斜长石; 此外, 中期和晚期岩相中 TiO₂ 偏高(1.6% ~ 3.6%), 为早期相的 3 倍以上, 而岩系的氧逸度不高, 变化也不明显(表 1), 与岩相中含有大量磁铁矿(钛磁铁矿) 有关。

2.2 微量元素、稀土元素

微量元素与原始地幔成分^[5,6] 相比, 明显高于原始地幔丰度值; 与拉斑玄武岩的平均值^[7] 相比, 不相容元素 Sr、Ba、Zr 等元素含量高, 相容元素 K、Rb(个别样品偏高) 等含量低; 从岩

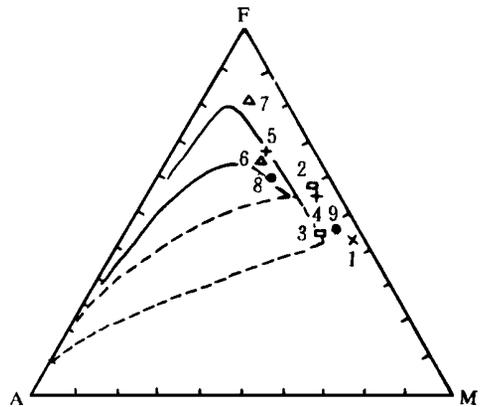


图 1 旧庙基性杂岩的 AMF 图
1 为角闪二辉辉石岩; 2、3 为斑状辉长苏长岩, 含长角闪辉石岩; 4、5 为中粒辉长苏长岩; 6、7 为含紫苏辉长岩; 8、9 为角闪辉长岩

表 2 旧庙基性杂岩痕量元素和稀土元素的含量($\times 10^{-6}$)

岩相	二辉辉石岩			辉长苏长岩				角闪辉长岩	
	角闪二辉 辉石岩	斑状辉长苏长 岩-含长角闪辉石岩		中粒角闪 辉长苏长岩		中粒含紫苏 角闪辉长岩		中-粗粒角 闪辉长岩	
样品号	A -29-1	A -7-1	A -9-2	A -22-1	A -26-1	A -13-1	A -6-2	A -6-1	A -11-3
Cr	42.0	40.0	29.1	41.4	14.4	49.5	19.0	27.7	78.2
Ni	250	180	101	170	10.6	127	123	47.2	132
Co	60	66.5	47.2	56.5	49.5	41.2	35.0	39.5	76.5
Rb	4.1	12.3	3.5	5.3	7.0	19.5	26.9	5.9	34.2
Sr	558	446	1136	297	1711	609	673	1300	284
Ba	200	252	294	233	185	180	210.0	272	160
Nb	8.4	8.4	8.0	8.3	8.8	8.5	9.2	8.2	8.1
Tb	6.7	7.4	5.3	2.7	12.3	1.3	1.6	3.2	1.8
Zr	129	126	120	132	126	60.4	57.2	132	70.6
Pb	11.8	12.2	13.6	26.2	12.9	22.2	23.5	11.8	21.5
Ti	3248	4872	2900	9512	20880	12760	8352	9512	4640
K	830	1909	1660	2324	4399	3154	3818	2324	2573
La	9.47	6.66	5.38	20.40	21.5	10.30	10.80	10.80	12.20
Ce	20.8	19.5	13.6	38.2	50.2	26.61	24.67	18.0	29.60
Nd	15.40	8.59	6.60	27.8	21.7	13.2	13.60	9.34	21.9
Sm	4.42	2.39	1.29	8.98	8.18	3.05	3.06	2.62	6.36
Eu	2.00	0.78	0.37	3.62	2.66	2.15	2.67	0.92	3.84
Gd	4.63	1.93	0.93	7.98	4.89	1.68	1.50	2.08	5.13
Dy	3.10	2.12	1.21	5.44	2.69	1.31	1.43	1.76	3.45
Er	1.09	0.84	0.49	1.36	0.71	0.58	0.61	0.98	1.41
Yb	0.64	0.59	0.24	0.66	0.27	0.55	0.74	0.56	1.28
Lu	0.20	0.23	0.22	0.25	0.30	0.08	0.09	0.19	0.16
Y	11.5	5.55	2.45	20.4	11.9	5.11	4.65	4.32	11.9
P	352	308	264	968	968	528	660	968	660
Rb/Sr	0.00735	0.0276	0.0031	0.0041	0.0045	0.0320	0.03997	0.0178	0.1204
La/Sm	2.1425	2.7866	4.1705	2.6284	4.1221	3.377	3.5294	2.2717	1.9182
Ba/Nb	24.10	30.00	36.75	28.07	21.02	21.18	22.8	33.17	19.75
La/Nb	1.13	0.79	0.67	2.46	2.44	1.21	1.17	1.32	1.51

分析者: 长春地质学院测试中心(1995)

系之间的元素变化情况看, 由早期到晚期, Sr、Nb 逐渐增加, Rb 表现为先升后降, Ba、Zr、Ta 则表现为降低, 晚期升高。稀土元素的总体特征为 REE 含量高, 尤其是 LREE, 在球粒陨石标准化的配分曲线上(图 2) 不同岩相均具 LREE 富集的左高、右低的型式; 不同岩相间的差别主要表现为早期岩相 Σ REE 偏低, 不具明显铈异常, 中期 Σ REE 相对高, 出现明显的铈正异常, 晚期 Σ REE 和铈异常介于早期和中期之间。

从上述可知, 该岩系具同源岩浆演化特征, 而和其它类型岩系(4~8)的不同, 主要是源区的性质所致, 岩相间的成分变化与岩浆演化密切相关。根据元素的亲合性原理, 从相容元素(Ni)与不相容元素(Ce)之间的分配关系图(图 3a)中可知, 随岩浆演化 Ni 含量明显降低, Ce 变化不大或略增加, 表明岩浆演化机理以分离结晶作用为主。另从表 2 可见, Rb/Ba、Ba/Nb 的比值和 Rb/Sr 的比值变化较大, 表明岩浆演化过程有地壳物质的参与, 在图 3b 中可以清晰地看出, Rb/Ba 与 Rb 的变化关系拟合为母岩浆与下地壳混合而构成的曲线^[10], 表明岩浆演化过程有下地壳物质的参与。若按分离结晶作用为主的演化机理, 那么确定岩浆早期的分离矿物相

主要是辉石, 其次是斜长石, 分离比例为 $C_{px} Hy Pl = 60 \ 25 \ 15^{[1]}$, 即辉石、斜长石的分离结晶作用导致岩系在演化上的变化, 这一点与岩相学、地球化学演化特征基本一致。

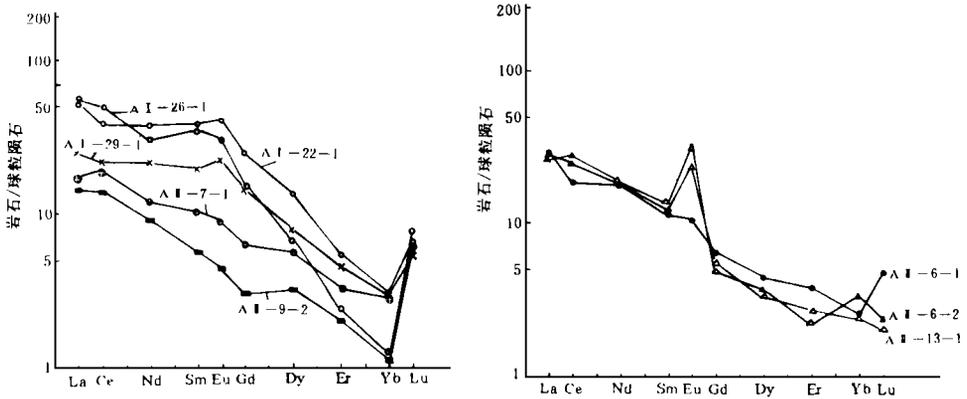


图2 旧庙基性杂岩的REE配分型式(图解同图1)

3 形成时代, 源区性质及地球动力学意义

从 Rb-Sr 等时线年龄 ($1297 \pm 97 \text{ Ma}$) 看, 该岩体形成于中元古四堡期。锶初始值 (0.7058) 与大陆玄武岩锶的平均初始值 ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr} = 0.7055$)^[10] 在上地幔值 (0.702 ~ 0.7063)^[7] 变化范围内, 而 REE 的配分曲线明显富集轻稀土, 微量元素相对原始地幔成分明显富集, 表明岩浆起源于富集型地幔源区。与华北地台中部基性岩浆源区^[10] 相比, 该岩体的源区主要富 Nb、Ta、Sr 和 Ca, 贫 K、Rb 和 P。采用主要元素估算部分熔融程度^[11], 用上地幔成分^[12] 作为源区的初始值, 求得源区部分熔融程度为 22.5% ~ 21.0% 的玄武岩浆, 这与 Ni-Ce 变异图 (图 3a) 标定的部分熔融约为 25% 相一致。此外, 岩系中含 Ni 低、CO₂/H₂O 比值也很低 (表 2), 表明源区具较高的 H₂O, 部分熔融的温度相对低^[11]。

构造特征显示, 岩体的变形不明显, 岩浆面理产状呈环状, 早期侵入岩在后期岩的内部, 表明岩体是在拉张环境下侵位的。岩体的围岩具放射状裂隙影像特征。因此, 它的形成、侵位可能代表地幔羽的侵位机制。岩体的形成时代与华夏古陆裂解时代相一致, 进一步揭示了华北陆台北缘元古宙岩浆活动的性质及地球动力学行为: 裂谷富集型上地幔部分熔融, 母岩浆与下部地壳混合, 分离结晶作用侵入上部地壳形成基性杂岩; 而

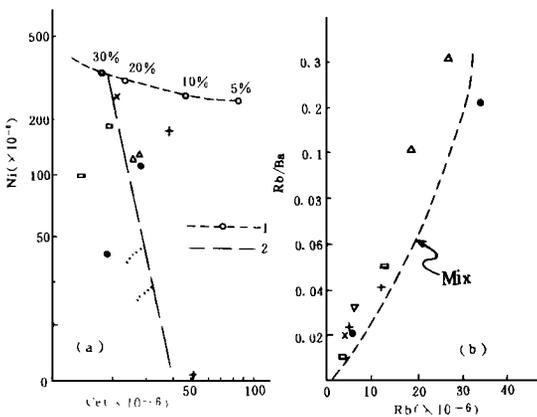


图3 旧庙基性杂岩的 Ni-Ce^[9](a) 和 Rb/Ba-Rb^[10](b) 成因演化图

(b) 中倒实三角为下地壳平均成分; Mix 为母岩浆与下地壳成分混合的混合线; 图中成分点同图 1

岩浆与下地壳物质的混合作用也是不可忽视的。

4 结 论

旧庙基性杂岩与中国其它类型的镁铁质超镁铁质杂岩略有不同, 主要是由辉石岩、辉长苏长岩、辉长岩组成, 且以普遍含有角闪石(巨斑、长柱状)为特征; 岩浆起源于上地幔源区(富 Nb、Tb、Sr 等), 母岩浆与下部地壳物质发生强烈的成分交换, 岩浆以分离结晶为主形成不同期次的矿物相——拉斑玄武系列; 形成时代为为中元古代, 与华北陆台北缘古陆裂解并向洋壳演化相一致。

致谢: 参加此项工作的还有长春地质学院辽西队的其他老师和研究生, 在此深表感谢!

参 考 文 献

- 1 Brian F. 进化中的大陆. 赵锡文等译. 武汉: 中国地质大学出版社, 1989
- 2 程裕淇. 中国区域地质概论. 北京: 地质出版社, 1994. 28 ~ 88
- 3 邱家骥. 岩浆岩岩石学. 北京: 地质出版社, 1985. 66 ~ 71
- 4 Hyndman D. W. Petrology of igneous and metamorphic rocks. Second edition. McGrawfill Inc, 1985. 171 ~ 240
- 5 李昌年. 火成岩微量元素岩石学. 武汉: 中国地质大学出版社, 1992
- 6 Taylor S R, Mclenan S M. The continental crust: its composition and evolution. Blackwell Scientific Publications, 1985
- 7 Faure G, Puwell J L. 同位素地质学原理. 北京: 科学出版社, 1987
- 8 董显扬, 李行, 叶良和等. 中国超镁铁质岩. 北京: 地质出版社, 1995
- 9 Pearce J A. Trace element characteristics of lava from destructive plate boundaries. Andesite: orogenic andesite and related rocks. Thorpe ed. 1982. 525 ~ 548
- 10 许文良, 迟效国, 袁朝等. 华北地台中部中生代闪长质岩石及深源包体. 北京: 地质出版社, 1993
- 11 鲍佩声等. 阿尔卑斯超镁铁质岩的演化及上地幔局部熔融. 地质学报, 1992, (3): 227 ~ 243

Evolution of Jiumiao Basic Complex in Western Liaoning Province and Geodynamic Significance

Sun Jinggui

(Changchun University of Earth Sciences, Changchun 130061)

Abstract Jiumiao basic complex exposed in western Liaoning is composed of three stages of intrusive rocks, i. e. websterite, noritic gabbro and bojite. Based on geological, petrographical, geochemical and isotopic data, it had been verified that these rocks were derived by partial melting from enriched upper mantle. The basic complex was formed through fractional crystallization. The magma event represents the North China Plate splitting at its margin during Sibao movement and starts oceanic crust evolution stage.

Key words: basic complex; magma evolution; middle Proterozoic; western Liaoning