

# 宁芜盆地蒋庙橄榄辉长岩的岩相学和 矿物学特征及其构造意义

涂 伟, 杜杨松, 李顺庭, 高志伟

(中国地质大学(北京)地球科学与资源学院, 北京 100083)

**【摘 要】** 宁芜盆地内有若干基性侵入岩体分布, 对其中的蒋庙橄榄辉长岩的岩相学和矿物学特征研究表明: 蒋庙橄榄辉长岩中斜长石 An 从 47.68 到 61.60, 属中长石和拉长石; 单斜辉石主要为透辉石和普通辉石, 斜方辉石主要为古铜辉石; 橄榄石 Fo 从 70.77 到 72.83, 属贵橄榄石。这些矿物的化学特征介于俯冲带和板内辉长岩的矿物化学特征之间, 并且与造山后辉长岩的矿物化学特征非常类似, 结合蒋庙岩体的全岩主量元素地球化学数据以及同位素年龄分析证实, 蒋庙橄榄辉长岩产于造山后的构造环境。

**【关键词】** 宁芜盆地; 蒋庙; 橄榄辉长岩; 岩相学; 矿物学; 造山后

中图分类号: P588.124 文献标识码: A

文章编号: 1001-6872(2010)01-0047-06

## 0 引 言

辉长岩岩浆由于其起源较深, 成为能够反映地幔物质组成、壳幔相互作用、构造环境演化过程等的一类岩石。对四川盐边元古代蛇绿岩中辉石的化学成分研究表明其产于继大陆裂谷之后的海洋扩张环境<sup>[1]</sup>; 而河南新县王母观辉长岩的矿物化学特征也反映其产于造山后的构造环境<sup>[2]</sup>; 大兴安岭北段塔河辉长岩<sup>[3]</sup>、大别山北淮阳构造带柳林辉长岩<sup>[4]</sup>和内蒙古乌拉特中旗温更辉长岩<sup>[5]</sup>则分别被证实产于活动大陆边缘、板内伸展和俯冲消减带的构造环境。

经过主量元素<sup>[6]</sup>、微量元素<sup>[7]</sup>和同位素地球化学<sup>[8]</sup>特征分析, 认为宁芜地区岩浆起源于弱亏损地

幔的高钾碱性玄武质原始岩浆经历同化混染和结晶分异作用(即 AFC 作用)后形成了宁芜地区的火山岩和侵入岩。对安徽沿江地区岩浆岩的主量元素地球化学和同位素年代学特征研究表明宁芜辉长岩的侵入标志着碰撞后岩浆作用的结束和造山后岩浆作用的开始<sup>[9]</sup>。

研究选择具有代表性的南京蒋庙岩体, 希望对其的矿物化学研究, 加深对构造环境的认识, 并能够为探讨其形成的大地构造环境提供证据。

## 1 地质背景

宁芜盆地所在的长江中下游地区位于扬子板块北缘, 是印支期大别造山带向华北板块俯冲时的前

陆带<sup>[10]</sup>。该区在经历了漫长的基底发育阶段和盖层沉积阶段之后,从中晚三叠世开始,发生了大规模的构造变动和岩浆活动<sup>[11]</sup>,这些构造岩浆活动与华北和扬子两大板块之间的相互作用密切相关。

宁芜盆地位于长江以东,从南京延伸至芜湖,长约 60 km,宽约 20 km。其东西分别以方山-小丹阳断裂和长江深断裂带为界,南北分别以芜湖断裂和南京-湖熟断裂为界。该区出露最老的地层为三叠系,中生代以来各时代地层本区都有发育,这些地层中含有大量的火山岩系(图 1)<sup>[13]</sup>。宁芜侵入岩以辉长闪长玢岩、辉长闪长岩和辉长岩为主,并有花岗岩产出。

蒋庙岩体零星出露于南京市近郊的蒋庙、板仓一带方圆 20 km 的范围内,岩石风化很强,新鲜露头较少。岩体受东西向和北东向两组断裂控制,总体走向为北东东向。岩体侵位于下中三叠统青龙组至下中侏罗统象山群中(图 2),引起大片围岩蚀变。蒋庙岩体有 3 个结晶分异中心:蒋庙西、陈家山西和岔路口西,以及 3 个分异岩相。随着南京城市化水平的提高,蒋庙岩体的露头面积减少了很多,采样也越来越困难。目前,图 2 中蒋庙岩体的出露区已大部分被建筑物覆盖,只在明岐阳王陵园中的小山包上尚有一处较好的采样点,岩性为橄榄辉长岩。

## 2 岩相学特征

蒋庙橄榄辉长岩呈灰黑色,块状构造,具有包含结构和反应边结构。包含结构包括橄榄石包含磁铁矿(照片 1a)、斜长石包含磁铁矿、辉石包含磁铁矿(照片 1b)、单斜辉石包含斜方辉石等。反应边结构包括橄榄石的辉石反应边(照片 2)、辉石的黑云母反应边、橄榄石的黑云母反应边等,暗色矿物的反应顺序为橄榄石-斜方辉石-单斜辉石-黑云母。主要矿物有橄榄石、斜长石、单斜辉石、斜方辉石、黑云母、磁铁矿、钛铁矿和少量磷灰石。

**橄榄石** 半自形到自形粒状结构,裂纹发育。粒径变化较大,小的仅 0.2 mm,大的可达 1 mm 以上。体积分数在 5% 左右。

**斜长石** 边界平直,呈自形板柱状结构。具有聚片双晶和卡钠复合双晶,不具环带。平均直径约 0.7 mm。体积分数可达 60% 以上。

**辉石** 斜方辉石呈半自形粒状结构,常以橄榄

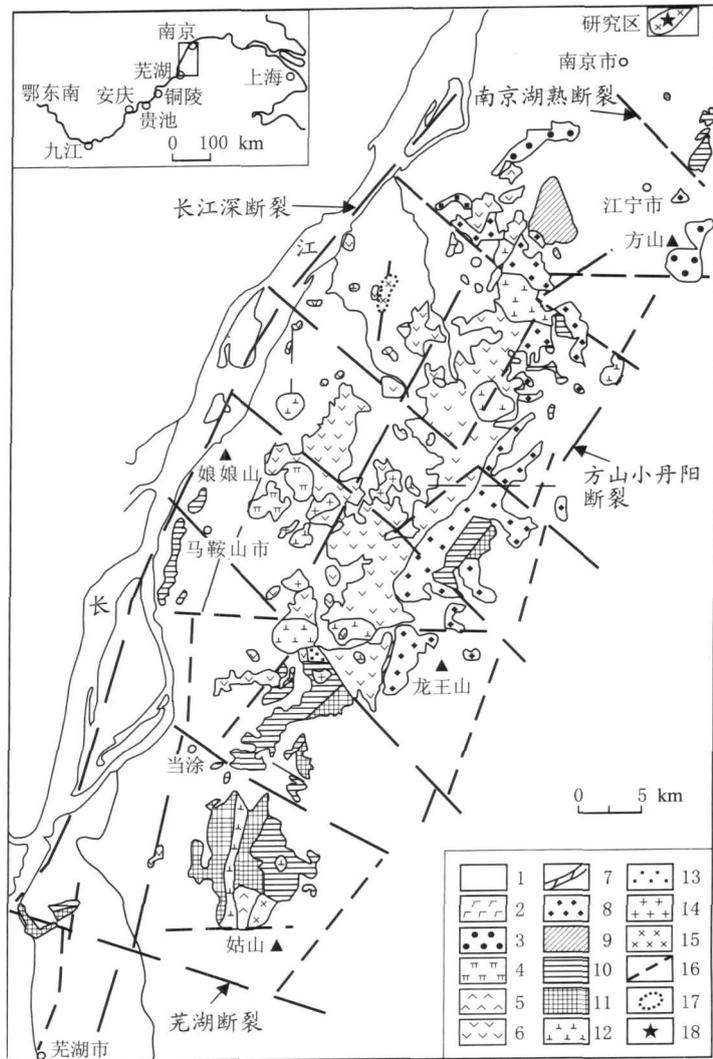


图 1 宁芜盆地地质简图(据王元龙等,2001<sup>[12]</sup>修改)

1. 第四系; 2. 上构造层第二构造亚层(N<sub>2</sub>f); 3. 上构造层第一构造亚层(K<sub>2</sub>-N<sub>1</sub>); 4. 娘娘山组火山岩; 5. 姑山组火山岩; 6. 大王山组火山岩; 7. 龙王山组凝灰岩; 8. 龙王山组火山岩; 9. 下构造层第三构造亚层(J<sub>3x</sub>); 10. 下构造层第二构造亚层(J<sub>1-2</sub>); 11. 下构造层第一构造亚层(D-T); 12. 辉长-闪长玢岩; 13. 二长岩、石英闪长岩; 14. 花岗岩; 15. 辉长岩; 16. 推测断层; 17. 据钻孔推测的隐伏地质体; 18. 采样点

Fig. 1 Geological sketch map of Ningwu basin

石反应边的形式出现,或被包含在单斜辉石内,平均粒径约 0.5 mm。单斜辉石呈半自形粒状结构,部分作为橄榄石的反应边出现,平均粒径约 0.5 mm。辉石的体积分数约 20%。

**黑云母** 不规则他形粒状结构,大多作为橄榄石和辉石的反应边出现。粒径较小,平均约 0.2 mm。体积分数约 5%。

**磁铁矿和钛铁矿** 不规则他形粒状结构,在矿相显微镜下可见钛铁矿呈固熔体形式出现在磁铁矿中(照片 3)。粒径变化很大,小的不足 0.1 mm,大的可达 1 mm 以上。体积分数约为 5%。

由以上岩相学特征可知,蒋庙橄榄辉长岩主要矿物的结晶顺序为:橄榄石-斜长石-斜方辉石-单斜

辉石-黑云母-磁铁矿-钛铁矿。

### 3 矿物化学特征

将样品制成电子探针片,镀炭后在中国地质大学(北京)电子探针室 EPMA-1600 型电子探针仪上进行主要矿物的主量元素分析,加速电压为 15 kV,电流为  $7 \times 10^{-8}$  A,修正方法为 ZAF,分析结果如下。

#### 3.1 斜长石

蒋庙橄辉长岩中的斜长石电子探针成分分析数据见表 1,晶体化学式计算结果见表 2。与俯冲消减带辉长岩中的斜长石相比,蒋庙橄辉长岩中的斜长石  $Al_2O_3$  和 CaO 质量分数较低(温更橄辉长岩中斜长石  $Al_2O_3$  和 CaO 平均质量分数分别为 33.12 和 16.38,塔河辉长岩中斜长石  $Al_2O_3$

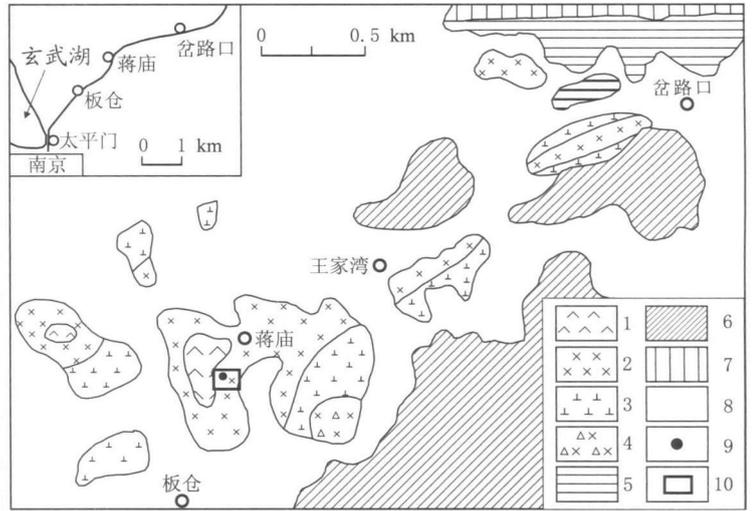
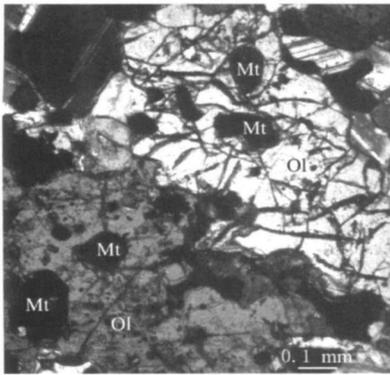


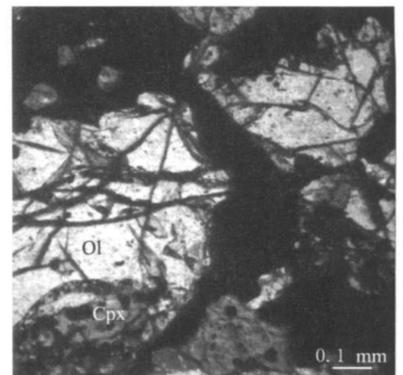
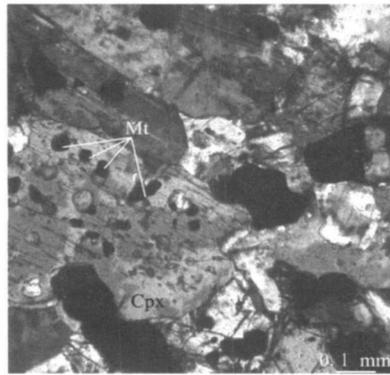
图 2 蒋庙岩体地质简图(据周新民,1964<sup>[14]</sup>)

- 1. 角闪橄辉长岩相; 2. 辉长岩相; 3. 闪长岩相; 4. 碱性交代-混染岩相;
- 5. 青龙群(T<sub>1-2</sub>); 6. 黄马青组(T<sub>3</sub>); 7. 象山群(J<sub>1-2</sub>); 8. 第四系; 9. 采样点;
- 10. 明岐阳王陵园位置

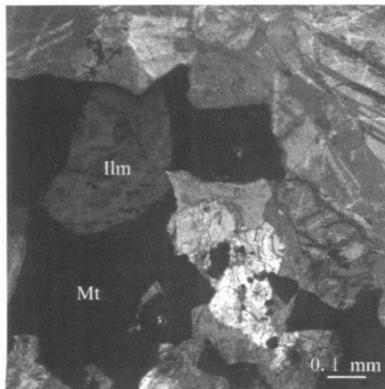
Fig. 2 Geological sketch map of Jiangmiao intrusions<sup>[14]</sup>



照片 1 橄榄石及单斜辉石包含磁铁矿  
Mt·磁铁矿; Ol·橄榄石; Cpx·单斜辉石  
Photo 1 Olivine and clinopyroxene includes magnetite



照片 2 橄榄石的单斜辉石反应边  
Ol·橄榄石; Cpx·单斜辉石  
Photo 2 Clinopyroxene corona of olivine



照片 3 磁铁矿包含钛铁矿  
Ilm·钛铁矿; Mt·磁铁矿  
Photo 3 Magnetite containing ilmenite

长石相比,  $Al_2O_3$  和 CaO 质量分数较高(柳林辉长岩中斜长石  $Al_2O_3$  和 CaO 平均质量分数分别为 25.62 和 7.51),  $Na_2O$  质量分数较低(柳林辉长岩中斜长石  $Na_2O$  平均质量分数为 6.69); 而与造山后辉长岩中斜长石相比,  $Al_2O_3$ , CaO 和  $Na_2O$  质量均

表 1 蒋庙橄辉长岩中斜长石化学成分·w(B)/%  
Table 1 Chemical compositions of plagioclase in Jiangmiao olive gabbros (in percentage)

点号	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	MnO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	Total
No. 1	53.35	0.48	28.04	1.02	0.15	10.39	5.87	0.36	99.69
No. 2	54.62	0.45	26.71	0.67	0.24	10.56	6.29	0.19	99.73
No. 3	51.71	0.37	29.45	0.00	0.11	12.91	4.27	0.28	99.10

表 2 蒋庙橄辉长岩中斜长石晶体化学式(以 8 个氧原子为基础)

Table 2 Crystal chemical formula of plagioclase in Jiangmiao olive gabbros (based on eight oxygen atoms)

点号	Si	Ti	Al	Fe <sup>2+</sup>	Mn	Ca	Na	K	An	Ab	Or
No. 1	2.44	0.02	1.51	0.04	0.01	0.51	0.52	0.02	48.50	49.50	2.00
No. 2	2.49	0.02	1.43	0.03	0.01	0.52	0.56	0.01	47.68	51.30	1.02
No. 3	2.37	0.01	1.59	0.00	0.00	0.64	0.38	0.02	61.60	36.81	1.59

和 CaO 平均质量分数分别为 34.11 和 17.68),  $Na_2O$  质量分数较高(温更橄辉长岩中斜长石  $Na_2O$  平均质量分数为 2.26, 塔河辉长岩中斜长石  $Na_2O$  平均质量分数为 1.47); 与板内辉长岩中的斜

较为接近(王母观辉长岩中斜长石  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaO}$  和  $\text{Na}_2\text{O}$  平均质量分数分别为 31.87, 13.96 和 2.95)。与化学成分相对应,蒋庙橄榄辉长岩中的斜长石  $A_n$  介于 47.68 到 61.60 之间,属于中长石和拉长石,其牌号小于俯冲消减带辉长岩中的斜长石(温更橄榄辉长岩中斜长石  $A_n$  平均为 80.01,塔河辉长岩中斜长石  $A_n$  平均为 86.7),大于板内辉长岩中的斜长石(柳林辉长岩中斜长石  $A_n$  平均为 37.57),而接近于造山后辉长岩中的斜长石(王母观辉长岩中斜长石  $A_n$  平均为 71.25)。总的来说,俯冲消减带辉长岩中的斜长石  $\text{Al}_2\text{O}_3$  和  $\text{CaO}$  质量分数较高,  $\text{Na}_2\text{O}$  质量分数较低,牌号较大;板内辉长岩中的斜长石  $\text{Al}_2\text{O}_3$  和  $\text{CaO}$  质量分数较低,  $\text{Na}_2\text{O}$  质量分数高,牌号较小;而造山后辉长岩中的斜长石牌号介于两者之间。

### 3.2 辉石

蒋庙橄榄辉长岩中含有单斜辉石和斜方辉石。电子探针成分分析数据见表 3,晶体化学式计算结果见表 4,其中 No. 6 和 No. 7 以及 No. 8 和 No. 9 为两对共存的单斜辉石和斜方辉石矿物对。在 Wo-En-Fs 三端元图解(图 3)中,单斜辉石投在透辉石和普通辉石区,斜方辉石投在斜顽辉石区。按照斜方辉石二端元组分分类法,斜方辉石属于古铜辉石。

表 3 蒋庙橄榄辉长岩中辉石化学成分·w(B)/%

Table 3 Chemical compositions formula of pyroxene in Jiangmiao olive gabbros (in percentage)

点号	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	Total
No. 4	52.92	0.48	2.06	7.51	0.39	14.81	20.46	0.36	0.15	99.13
No. 5	52.30	0.40	2.17	7.45	0.24	14.56	21.78	0.30	0.00	99.19
No. 6	54.11	0.30	2.10	6.48	0.33	14.74	21.43	0.00	0.02	99.51
No. 7	54.67	0.39	0.80	15.72	0.76	25.45	1.00	0.00	0.04	98.83
No. 8	52.78	0.41	1.85	7.37	0.27	14.46	21.30	0.00	0.08	98.52
No. 9	54.57	0.30	0.66	15.46	0.99	25.38	0.92	0.00	0.00	98.28
No. 10	54.45	0.22	1.17	15.66	0.55	25.69	1.33	0.00	0.00	99.07
No. 11	54.53	0.19	0.72	15.40	1.15	25.42	1.18	0.00	0.00	98.59

共存的斜方辉石和单斜辉石之间铁镁的分配系数可以用来探讨岩石的成因。计算公式如下:

$$K_{D(\text{Fe})}^{\text{Opx-Cpx}} = (\text{Fe}^{2+}/\text{Mg})_{\text{Opx}} / (\text{Fe}^{2+}/\text{Mg})_{\text{Cpx}}$$

经计算,蒋庙橄榄辉长岩中二辉石之间铁镁的分配系数为 1.40 和 1.18,平均 1.29。岩浆缓慢冷却结晶的二辉石铁镁分配系数的平均值为 1.37,岩

表 4 蒋庙橄榄辉长岩中辉石晶体化学式(以 6 个氧原子为基础)

Table 4 Crystal chemical formula of pyroxene in Jiangmiao olive gabbros (based on six oxygen atoms)

点号	Si	Ti	Al	Fe <sup>2+</sup>	Mn	Mg	Ca	Na	K	En	Fs	Wo
No. 4	1.97	0.01	0.09	0.23	0.01	0.83	0.82	0.03	0.01	44.08	12.42	43.50
No. 5	1.95	0.01	0.10	0.23	0.01	0.81	0.87	0.02	0.00	42.50	12.08	45.41
No. 6	1.99	0.01	0.09	0.20	0.01	0.81	0.84	0.00	0.00	43.81	10.70	45.49
No. 7	2.00	0.01	0.03	0.48	0.02	1.39	0.04	0.00	0.00	72.93	25.03	2.05
No. 8	1.97	0.01	0.08	0.23	0.01	0.81	0.85	0.00	0.00	42.82	12.12	45.05
No. 9	2.00	0.01	0.03	0.47	0.03	1.40	0.04	0.00	0.00	73.30	24.80	1.90
No. 10	1.98	0.01	0.05	0.48	0.02	1.40	0.05	0.00	0.00	72.69	24.62	2.69
No. 11	2.00	0.01	0.03	0.47	0.04	1.40	0.05	0.00	0.00	73.01	24.57	2.42

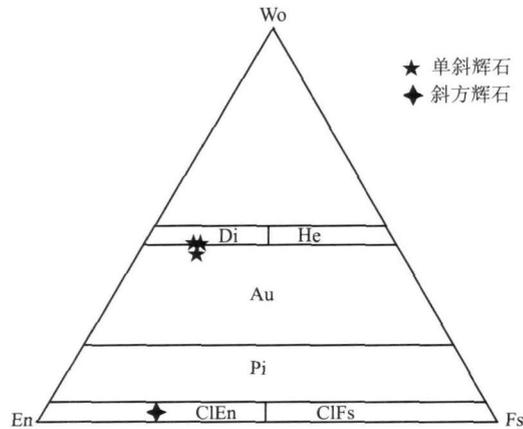


图 3 蒋庙橄榄辉长岩辉石 Wo-En-Fs 分类图解(底图据 Sturm R, 2008<sup>[15]</sup>)

Fig. 3 Wo-En-Fs diagram of pyroxene in Jiangmiao olive gabbros (from Sturm R, 2008<sup>[15]</sup>)

浆快速冷却结晶的二辉石铁镁分配系数平均值为 1<sup>[16]</sup>。所以蒋庙橄榄辉长岩是缓慢冷却结晶形成的。

可以根据单斜辉石的化学成分把岩石划分为亚碱性、碱性、过碱性这 3 种系列类型(图 4)。蒋庙橄榄辉长岩中的单斜辉石铝含量较低而硅含量较高,符合亚碱性系列岩石中单斜辉石的特点。由此可以判断蒋庙橄榄辉长岩属于亚碱性岩,但有向碱性岩演化的趋势。

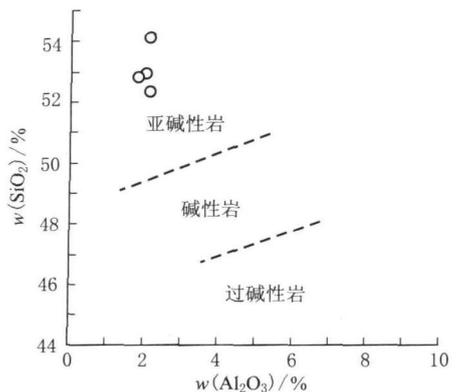


图 4 蒋庙橄榄辉长岩中单斜辉石  $w(\text{SiO}_2)$ - $w(\text{Al}_2\text{O}_3)$  图(底图据 Nisbet E G, et al, 1973<sup>[17]</sup>)

Fig. 4  $w(\text{SiO}_2)$  vs  $w(\text{Al}_2\text{O}_3)$  diagram of clinopyroxene from Jiangmiao olive gabbros (from Nisbet E G, et al, 1973<sup>[17]</sup>)

蒋庙橄榄辉长岩中的单斜辉石与俯冲消减带辉长岩中的单斜辉石相比,  $w(\text{FeO})/\%$  较高(温更角闪辉长岩中的为 5.51,塔河辉长岩中的为 5.65),  $w(\text{CaO})/\%$  较低(温更角闪辉长岩中为 24.05,塔河辉长岩中为 23.35);与板内辉长岩中的单斜辉石相比,  $w(\text{FeO})/\%$  较低(柳林辉长岩中为 11.14),  $w(\text{CaO})/\%$  较

高(柳林辉长岩中为 12.10);而与造山后辉长岩中的单斜辉石相比,  $w(\text{FeO})/\%$  和  $w(\text{CaO})/\%$  均较为接近(王母观辉长岩中为 7.17 和 21.64)。与化学成分相对应,蒋庙橄辉长岩中单斜辉石的( $W_o$ )小于俯冲消减带辉长岩中的(温更角闪辉长岩中平均为 48.92,塔河辉长岩中平均为 48.55),大于板内辉长岩中的单斜辉石(柳林辉长岩中的为 27.23);( $F_s$ )大于俯冲消减带辉长岩中的(温更角闪辉长岩中平均为 9.05,塔河辉长岩中平均为 4.99),小于板内辉长岩中的(柳林辉长岩中平均为 20.04);而两者均接近于与造山后辉长岩中的(王母观辉长岩中平均分别为 46.00 和 8.75)。

### 3.3 橄榄石

蒋庙橄辉长岩中橄榄石的电子探针成分分析数据见表 5,晶体化学式计算结果见表 6。这些橄榄石主要是贵橄榄石,与俯冲消减带辉长岩中的橄榄石相比, ( $F_o$ ) 较低(温更橄辉长岩中平均为 74.10,塔河辉长岩中平均为 77.66);与造山后辉长岩中的橄榄石相比,  $F_o$  较为接近(王母观辉长岩中平均为 74.00)。

表 5 蒋庙橄辉长岩中橄榄石化学成分· $w(B)/\%$   
Table 5 Chemical compositions of olivine in Jiangmiao olive gabbros (in percentage)

点号	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	MnO	MgO	CaO	Total
No. 12	39.01	0.00	0.00	24.40	0.33	36.34	0.10	100.18
No. 13	38.24	0.00	0.00	25.57	0.75	34.68	0.04	99.27
No. 14	37.48	0.02	0.05	25.96	0.50	34.91	0.12	99.02

表 6 蒋庙橄辉长岩中橄榄石晶体化学式(以 4 个氧原子为基础)

Table 6 Crystal chemical formula of olivine in Jiangmiao olive gabbros (based on four oxygen atoms)

点号	Si	Ti	Al	Fe	Mn	Mg	Ca	Fo	Fa
No. 12	1.02	0.00	0.00	0.53	0.01	1.42	0.00	72.83	27.17
No. 13	1.02	0.00	0.00	0.57	0.02	1.38	0.00	70.94	29.06
No. 14	1.00	0.00	0.00	0.58	0.01	1.40	0.00	70.77	29.23

### 3.4 钛铁氧化物

蒋庙橄辉长岩中的不透明矿物主要是磁铁矿和钛铁矿,钛铁矿呈固溶体形式出现在磁铁矿中。对三对磁铁矿-钛铁矿矿物对进行电子探针成分分析,结果见表 7。

## 4 讨论

### 4.1 结晶温度、氧逸度条件

Wood 和 Banno 二辉石地质温度计计算公式

表 7 蒋庙橄辉长岩中钛铁矿和磁铁矿的化学成分· $w(B)/\%$

Table 7 Chemical compositions of magnetite and ilmenite in Jiangmiao olive gabbros (in percentage)

点号	矿物	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Total
No. 15	钛铁矿	0.22	52.00	0.15	43.01	1.40	3.64	0.00	0.00	0.00	0.00	100.41
No. 16	磁铁矿	0.35	2.18	1.06	87.70	0.20	0.58	0.01	0.00	0.00	0.22	92.30
No. 17	钛铁矿	0.31	52.49	0.00	41.47	1.50	3.11	0.68	0.23	0.07	0.00	99.85
No. 18	磁铁矿	0.15	4.40	1.38	87.93	0.00	0.71	0.00	0.00	0.00	0.00	94.56
No. 19	钛铁矿	0.00	53.62	0.14	40.76	1.19	4.04	0.03	0.00	0.00	0.00	99.77
No. 20	磁铁矿	0.21	4.98	2.50	84.48	0.56	1.17	0.00	0.00	0.00	0.00	93.90

$$T = -10202 / [\ln(\alpha_{Mg_2Si_2O_6}^{Cpx} / \alpha_{Mg_2Si_2O_6}^{Opx}) - 7.65X_{Fe}^{Opx} + 3.88(X_{Fe}^{Opx})^2 - 4.6] \quad (1)$$

式中:  $\alpha_{Mg_2Si_2O_6}^{Cpx}$  和  $\alpha_{Mg_2Si_2O_6}^{Opx}$  分别为单斜辉石和斜方辉石中  $Mg_2Si_2O_6$  的活度,  $X_{Fe} = Fe^{2+} / (Fe^{2+} + Mg)$ , 以此计算得出结晶温度为 966.6 °C 和 958.4 °C。

Wells 二辉石地质温度计计算公式:

$$T = 7341 / [3.355 + 2.44X_{Fe}^{Opx} - \ln(\alpha_{Mg_2Si_2O_6}^{Cpx} / \alpha_{Mg_2Si_2O_6}^{Opx})] \quad (2)$$

式中符号的含义同 Wood 和 Banno 二辉石地质温度计,由此计算得出结晶温度为 971.8 °C 和 958.7 °C。上述两结果较为接近,说明蒋庙橄辉长岩的结晶温度约为 950 °C。

使用 Spencer 和 Lindsley (1981)<sup>[18]</sup> 提出的由共存磁铁矿和钛铁矿化学成分计算岩浆岩结晶的温度和氧逸度公式,计算结果结晶温度为 470.01 °C 到 587.39 °C,氧逸度  $\log f_{O_2}$  为 -20.43 到 -29.63。磁铁矿和钛铁矿结晶时的温度明显低于辉石结晶时的温度,说明前两种矿物是岩浆结晶后期的产物。

### 4.2 岩体形成的构造环境

一个典型的造山带构造演化序列是:俯冲消减-碰撞-碰撞后-造山后-板内。因为蒋庙橄辉长岩矿物化学特征介于俯冲消减带和板内辉长岩之间,所以其可能产出的构造环境为同碰撞、碰撞后或者造山后。又因为其矿物化学特征与造山后辉长岩极其相似,所以可以初步判断其产于造山后的构造环境。

杜杨松等提出安徽沿江地区中生代经历了碰撞后(145 Ma~125 Ma)和造山后(125 Ma~105 Ma)两期岩浆活动和壳幔相互作用<sup>[9]</sup>。其中碰撞后岩浆岩总体上以钾含量高为特点,包括过铝质长英质岩套和准铝质的中钾到高钾钙碱性岩系和橄安粗岩系;而造山后岩浆岩以高钠低钾为特点,包括碱钙性准铝质到碱性和过碱性岩系。蒋庙岩体的全岩化学数据表明,其总体上属于亚碱性系列向碱性系列过渡的类型,以钙碱性和碱钙性岩套为主,岩石普遍高钠低钾,符合造山后初期岩浆岩的特点。同时,蒋庙岩体同位素年龄为 127.2 Ma ± 1.9 Ma<sup>[19]</sup>,而该区

造山后岩浆活动开始于 125 Ma,这也很好地证实了蒋庙岩体形成于造山后初期的岩浆活动。

## 5 结 论

5.1 蒋庙橄榄辉长岩在矿物成分上以斜长石、单斜辉石、斜方辉石和橄榄石为主,主要矿物的结晶顺序为橄榄石-斜长石-斜方辉石-单斜辉石。斜长石主要

是中长石和拉长石,单斜辉石主要是透辉石和普通辉石,斜方辉石主要是古铜辉石,橄榄石为贵橄榄石。

5.2 由矿物温度计和氧逸度计计算得到蒋庙橄榄辉长岩岩浆结晶的温度约为 950 °C,氧逸度约为 -20.43 到 -29.63。蒋庙岩体的矿物化学特征以及全岩地球化学和同位素年龄表明其形成于造山后的构造环境。

## 参考文献

- [1] 孙传敏.四川盐边元古代蛇绿岩中辉石的成因矿物学及其大地构造意义[J].*矿物岩石*,1994,14(3):1-15.
- [2] 张 旗,马文璞,金唯俊,等.一个造山后的辉长岩——河南新县王母观岩体的地球化学特征[J].*地球化学*,1995,24(4):341-350.
- [3] 周长勇,葛文春,吴福元,等.大兴安岭北段塔河辉长岩的岩石学特征及其构造意义[J].*吉林大学学报(地球科学版)*,2005,35(2):143-149.
- [4] 陈 玲,马昌前,余振冰,等.大别山北淮阳构造带柳林辉长岩,新元古代晚期裂解事件的记录[J].*地球科学*,2006,31(4):578-584.
- [5] 赵 磊,吴泰然,罗红玲,等.内蒙古乌拉特中旗温更辉长岩类的岩石学、地球化学特征及其构造意义[J].*北京大学学报(自然科学版)*,2008,44(2):201-211.
- [6] 邢凤鸣,徐 祥.安徽沿江地区中生代岩浆岩的基本特点[J].*岩石学报*,1995,11(4):409-422.
- [7] 邢凤鸣.宁芜地区中生代岩浆岩的成因——岩石学与 Nd, Sr, Pb 同位素证据[J].*岩石矿物学杂志*,1996,15(2):126-137.
- [8] 徐 祥,邢凤鸣.安徽沿江地区中生代基性岩稀土元素地球化学特征[J].*安徽地质*,1999,9(2):81-89.
- [9] 杜杨松,曹 毅,袁万明,等.安徽沿江地区中生代碰撞后到造山后岩浆活动和壳幔相互作用[J].*岩石学报*,2007,23(6):1 294-1 302.
- [10] 闫 峻.长江中下游和苏鲁北缘晚中生代陆下地幔的性质与演化[D].合肥:中国科学技术大学,2003.
- [11] 常印佛,刘湘培,吴言昌.长江中下游铜铁成矿带[M].北京:地质出版社,1991.
- [12] 王元龙,张 旗,王 焰.宁芜火山岩的地球化学特征及其意义[J].*岩石学报*,2001,17(4):565-575.
- [13] 宁芜研究项目编写小组.宁芜玢岩铁矿[M].北京:地质出版社,1978.
- [14] 周新民.南京蒋庙基性侵入岩的分异作用[J].*南京大学学报(自然科学)*,1964,8(4):559-573.
- [15] Sturm R. PX-NOM: an interactive spreadsheet program for the computation of pyroxene analyses derived from the electron microprobe[J]. *Computers & geosciences*, 2002, 28(4): 473-483.
- [16] 张儒媛.从柏林.矿物温度计和矿物压力计[M].北京:地质出版社,1983.
- [17] Nisbet E G, Pearce J A. Clinopyroxene composition in mafic lavas from different tectonic settings[J]. *Contribution to Mineralogy and Petrology*, 1973, 63(2): 149-160.
- [18] Lepage L D. ILMAT: an Excel worksheet for ilmenite-magnetite geothermometry and geobarometry[J]. *Computers & geosciences*, 2003, 29(5): 673-678.
- [19] 李顺庭.宁芜地区蒋庙和姑山岩体的特征和成因[D].北京:中国地质大学,2008.

## PETROGRAPHIC AND MINERALOGICAL CHARACTERISTICS OF JIANGMIAO OLIVINE GABBROS IN THE NINGWU BASIN AND IT IMPLICATION FOR TECTONICS

TU Wei, DU Yang-song, LI Shun-ting, GAO Zhi-wei  
*(School of Earth Sciences and Resources, China University of Geosciences  
 (Beijing), Beijing 100083, China)*

**Abstract:** The basic intrusions occurred in the Ningwu basin are of very important significance in better understanding of tectonic and magmatic history of this area. Petrographic and mineralogical characteristics of Jiangmiao olivine gabbros are studied by means of electron microprobe analysis (EMPA). It is revealed that the plagioclase in Jiangmiao olivine gabbros is mainly andesine and labradorite with An value ranging from 47.68 to 61.60, and the clinopyroxene is mainly composed of diopside and augite, and orthopyroxene is mainly bronzite. In the rocks, the mineral of olivine is mainly chrysolite with Fo ranging from 70.77 to 72.83. The chemical characteristics of these minerals are between those of the minerals in gabbros formed in subduction zones and intra-plate tectonic setting, moreover, they are also similar to those of the minerals in gabbros formed in a post-orogenic setting. The geochemical data of whole rock major elements and isotopic age of Jiangmiao intrusions indicate that they were formed in a post-orogenic tectonic setting.

**Key words:** Ningwu Basin; Jiangmiao; olivine gabbros; petrography; mineralogy; post-orogeny

ISSN 1001-6872(2010)01-0047-06; CODEN: KUYAE2

**Synopsis of the first author:** Tu Wei, male, 23 years old, a Ms of petrology. Now he is engaged in the research of magmatism and deep process.