

安徽歙县蛇绿岩地球化学特征 及形成构造环境

杨建明

(衡阳工学院采矿工程系, 衡阳 421001)

王希斌 鲍佩声

(中国地质科学院地质研究所)

主题词 蛇绿岩 地幔橄榄岩 稀土元素配分模型 弧后(弧间)盆地

提 要 岩石化学、微量元素及稀土元素地球化研究表明: 歙县蛇绿岩内地幔橄榄岩 稀土元素配分为 LREE 富集型, 不同于我国其他造山带地幔橄榄岩。歙县蛇绿岩壳层组合属于钙碱性和拉斑玄武岩间过渡系列, 具类似的微量及稀土元素比值和稀土元素配分模型, 且大离子亲石元素(LIL)和 LREE 高度富集。在 Zr—Ti—Y 和 Hf—Ta—Th 图解内, 蛇绿岩基性熔岩成分点均落入钙碱性玄武岩区。结合岩石及区域地质资料, 歙县蛇绿岩应形成于弧后(弧间)盆地环境。

歙县蛇绿岩位于江南古陆东部, 该区的地质构造问题历来争论颇多。白文吉(1985)首次发现江南古陆蛇绿岩的存在^①。此后, 许多地质学家都先后对该蛇绿岩进行了研究, 有“弧后盆地”^{①②}, “陆间小洋盆”^{②③}, “岛弧蛇绿岩”^③等成因说。作者在深入研究该蛇绿岩地质及岩石地球化学基础上, 探讨歙县蛇绿岩的形成构造环境, 将有助于解决该区大地构造的归属问题。

1 蛇绿岩地质及岩石特征

歙县蛇绿岩位于江南古陆内, 沿赣东北断裂带分布, 西南与赣东北蛇绿岩相连。区内出露最古老地层为晚元古代浅海相泥砂质、复理石建造, 上覆震旦纪浅变质磨拉石建造、岛弧火山岩建造(或弧后裂谷火山岩建造)和陆源碎屑岩建造。而古生代、中生代地层仅分布于小型沉积盆地, 断裂褶皱发育, 晋宁、印支和燕山期岩浆活动强烈。

歙县蛇绿岩分布在歙县县城附近, 由地幔橄榄岩、堆晶杂岩、辉绿岩、基性熔岩和火山碎屑岩组成, 缺乏典型层状堆晶杂岩及辉绿岩墙。蛇绿岩各单元受北东向逆冲断层控制, 单元间为断层接触。

① 白文吉, 江南古陆发现蛇绿岩套, 中国地质报, 1985年7月12日。

② 杨建明, 中国地质科学院硕士论文。

本文于1992年3月收到, 1992年12月改回。

火山碎屑岩厚 300—400m, 由熔结凝灰岩、岩屑晶屑凝灰岩和少量安山岩组成。

基性熔岩厚 200—300m, 主要由块状熔岩、枕状熔岩和角砾状细碧岩组成。

辉绿岩厚 30—40m, 主要由辉绿岩构成。

堆晶杂岩厚 400—520m, 包括过渡带超镁铁堆晶岩和均质辉长岩。其中前者包括辉石岩和异剥橄榄岩, 向上渐变为辉长岩, 辉长岩内偶见纯橄岩、异剥橄榄岩团块, 局部见伟晶辉长岩和辉石巨晶, 向上渐变为辉绿岩。

地幔橄榄岩厚 500—600m, 包括斜辉橄榄岩、二辉橄榄岩和纯橄岩。剖面下部以斜辉橄榄岩为主, 向上渐变为纯橄岩。见有辉长(石)岩墙。剖面底部硅化、碳酸盐化带发育。

2 蛇绿岩地球化学

2.1 岩石化学

地幔橄榄岩 Al_2O_3 、 CaO 、 (Na_2O+K_2O) 亏损, 而 MgO 、 Cr_2O_3 、 NiO 富集(表 1)。岩石 $MgO/(MgO+FeO^*)$ 比值大多在 0.86—0.87, 岩石成分均一。在 AFM 和 $MgO-CaO-Al_2O_3$ 图解上, 地幔橄榄岩成分点落入科尔曼(1977)地幔橄榄岩区, 分布范围有限。

堆晶杂岩 $Mg/(Mg+Fe)$ 比值变化范围为 0.91—0.59。随 $Mg/(Mg+Fe)$ 比值降低, (Na_2O+K_2O) 、 Al_2O_3 增加, TiO_2 减少, 而 FeO^* 增加并不显著。在 AFM 图解(图 1)上, 堆晶杂岩成分点落入拉斑玄武岩与钙碱性玄武岩分界线附近, 个别落入钙碱性玄武岩区。

辉绿岩内 $Mg/(Mg+Fe)$ 比值为 0.62—0.48。在 AFM 图解(图 1)上, 辉绿岩成分点多数位于拉斑玄武岩区, 个别位于钙碱性玄武岩区。

基性熔岩中的 CIPW 标准矿物组合表明: 基性熔岩含紫苏辉石(Hy), 显示拉斑玄武岩的特征, 有别于典型碱性玄武岩和钙碱性玄武岩。基性熔岩里特曼指数 $\delta = 1.6-1.75$, 按邱家骥(1980)火山岩分类, 属于拉斑玄武岩类型。基性熔岩碱含量较高, 尤其 K_2O 含量较高($K_2O = 0.56\% - 1.02\%$), 而 $TiO_2(0.83\% - 0.90\%)$ 、 $P_2O_5(0.10\% - 0.12\%)$ 低(表 1), 有别于深海拉斑玄武岩和碱性玄武岩。在 AFM 图解(图 1)中, 基性熔岩成分点落在钙碱性玄武岩区。综合前述分析, 基性熔岩相当于钙碱性玄武岩和拉斑玄武岩间过渡类型。

火山碎屑岩成分为英安岩和安山岩, 个别属高钾英安岩。里特曼指数 $\delta = 0.5-1.6$ 。火山碎屑岩内 K_2O 高($0.12\% - 3.07\%$), 且 TiO_2 、 FeO^* 稳定, MgO 、 CaO 含量变化大(表 1)。在 AFM 图(图 1)内, 火山碎屑岩成分点一半落入拉斑玄武岩区, 另一半落入钙碱性玄武岩区。研究表明, 火山碎屑岩属于钙碱性玄武岩和拉斑玄武岩间过渡类型。

2.2 微量元素地球化学

根据表 2 数据, 采用 Wasson(1974)球粒陨石值对镁铁族元素分析结果标准化后, 其分配模式如图 2, 可以看出蛇绿岩各类岩石是一组性质十分相似的岩石, 具有类似的分配模型。

表 1 蛇绿岩岩石化学分析数据

Table 1 Chemical composition of ophiolites

层序	编号	地点	岩石名称	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Cr ₂ O ₃	FcO	MgO	NiO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	MnO	P ₂ O ₅	S	CO ₂	H ₂ O ⁺	H ₂ O ⁻	灼减	总计
地幔	035 ^a	伏川	斜辉橄榄岩	39.47	0.07	1.25	0.43	0.78	37.54	0.27	0.18	0.07	0.03	—	—	—	—	—	1.63	12.52	99.9
	034 ^a	伏川	斜辉橄榄岩	39.93	0.06	0.77	0.42	1.13	37.87	0.24	0.06	0.26	0.05	—	—	—	—	—	1.48	12.45	99.9
	036 ^a	伏川	斜辉橄榄岩	43.51	0.07	1.03	0.72	2.04	36.37	0.23	0.62	0.20	0.015	—	—	—	—	—	1.36	9.58	100.19
	5F-012 ^a	伏川	斜辉橄榄岩	39.74	0.04	0.92	—	0.86	38.24	0.25	0.28	0.11	0.04	—	—	—	—	—	1.40	13.76	100.93
	全11 ^a	塘川	斜辉橄榄岩	41.94	0.06	1.40	—	1.62	35.12	—	0.76	0.05	0.02	—	—	—	—	10.36	2.19	—	99.4
	5F16 ^b	伏川	斜辉橄榄岩	39.22	0.07	1.04	—	1.69	38.16	0.25	0.30	0.10	0.08	0.06	—	—	—	1.17	—	13.76	101.09
	5F05 ^b	伏川	斜辉橄榄岩	39.45	0.04	0.67	—	0.39	38.74	0.27	0.22	0.05	0.04	0.04	—	—	—	1.61	—	13.72	101.58
	5YQ4 ^c	塘川	斜辉橄榄岩	39.38	0.11	1.39	0.30	2.56	34.98	0.22	2.12	0.17	0.08	0.097	—	—	—	11.10	0.71	—	98.73
	5F001 ^e	伏川	含辉纯橄岩	40.58	0.04	1.28	—	4.79	37.21	0.24	0.29	0.14	0.10	—	—	—	—	—	1.54	13.08	101.17
	5F015 ^a	伏川	纯橄岩	33.82	0.04	0.38	—	4.89	40.86	0.27	0.34	0.10	—	—	—	—	—	—	1.41	15.66	100.34
	X5 ^b	伏川	纯橄岩	35.08	0.03	0.59	0.60	1.87	39.33	0.16	0.67	—	—	—	0.09	0.028	—	—	1.15	14.64	100.86
	堆晶杂岩	F12 ^e	理大留庙	纯橄岩	39.86	0.07	0.80	0.41	1.32	39.71	—	0.17	0.007	0.041	0.11	0.03	0.004	0.30	9.19	0.91	—
F8 ^e		理大留庙	异剥橄榄岩	40.30	0.15	3.32	0.599	3.71	33.02	—	4.63	0.079	0.41	0.15	0.015	0.02	0.09	6.91	0.45	—	99.29
037 ^a		伏川	异剥橄榄岩	37.23	0.14	2.79	0.68	2.38	35.25	0.22	0.10	0.26	0.04	—	—	—	—	—	1.48	12.31	99.52
038 ^a		伏川	橄辉辉石岩	44.52	0.22	4.69	0.47	4.14	24.69	0.09	11.12	0.27	0.06	—	—	—	—	—	0.94	5.86	99.33
039 ^a		伏川	辉石岩	48.14	0.21	3.87	0.87	3.40	19.66	0.09	18.01	0.48	0.05	—	—	—	—	—	0.60	2.88	99.57
1 ^a		伏川	伟晶辉长岩	47.95	0.29	9.50	—	6.80	6.11	9.79	—	15.81	2.31	0.39	—	—	—	—	0.36	—	99.31

续表 1

层序	编号	地点	岩石名称	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Cr ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FcO	MgO	NiO	CaO	N ₂ O	K ₂ O	MnO	P ₂ O ₅	S	CO ₂	H ₂ O ⁺	H ₂ O ⁻	灼减	总计		
堆晶杂岩	2 ^d	伏川	辉长岩	48.79	0.18	15.01	—	1.06	3.74	11.97	—	14.02	1.54	0.12	0.10	0.01	—	—	—	2.48	—	—	99.02	
	3 ^a	塘川	中粒辉长岩	48.66	0.10	16.41	—	0.78	4.44	11.71	—	10.61	2.14	0.64	0.12	—	—	—	2.89	2.12	—	—	100.62	
	4 ^a	后坞	中粒辉长岩	48.65	0.40	15.33	—	1.17	6.78	9.24	—	13.67	1.90	0.12	0.14	—	—	—	1.36	0.25	1.64	—	100.65	
	5 ^a	后坞	辉长岩	49.34	0.35	15.23	—	0.63	7.01	9.58	—	13.41	1.84	0.11	0.15	—	—	—	—	0.26	1.49	—	99.4	
	6 ^a	后坞	细粒辉长岩	50.08	0.55	14.44	—	1.25	7.92	9.31	—	11.89	2.00	0.11	0.16	—	—	—	—	0.33	1.38	—	99.42	
辉绿岩	1 ^a	后坞	辉绿辉长岩	49.23	0.60	14.98	—	0.98	8.13	7.23	—	13.17	2.23	0.18	0.09	—	—	—	1.36	0.25	1.64	—	100.07	
	2 ^a	塘川	辉绿岩	49.54	0.91	14.16	—	3.03	8.04	7.81	—	9.55	3.38	0.16	0.21	—	—	—	2.62	0.65	—	—	100.06	
	3 ^a	后坞	辉绿岩	52.64	1.51	14.26	—	2.15	7.85	5.03	—	6.33	4.36	0.32	0.15	—	—	—	—	0.39	4.76	—	100.25	
	B ₁ ^o	鲍家庄	辉绿岩	50.54	0.90	15.02	0.01	0.38	8.89	8.62	—	10.75	2.33	0.16	0.19	0.09	—	0.15	1.09	0.27	—	—	99.39	
基性熔岩	FL-26 ^e	伏川	块状熔岩	52.66	0.90	15.88	0.034	1.77	5.61	7.74	—	6.73	3.40	0.56	0.18	0.10	0.004	0.15	3.21	0.39	—	—	99.32	
	FL-29 ^e	伏川	枕状熔岩	52.34	0.83	16.48	0.029	0.32	6.25	7.42	—	8.45	3.02	1.02	0.18	0.12	0.02	0.15	2.84	0.26	—	—	99.73	
火山碎屑岩	15	伏川	火山碎屑岩	64.47	0.73	15.03	—	1.27	4.35	2.78	—	1.26	3.99	2.45	0.09	0.15	—	—	—	2.53	0.15	—	—	99.25
	16	伏川	火山碎屑岩	59.07	0.80	16.41	—	5.29	1.44	2.08	—	9.63	1.13	1.77	0.06	0.13	—	—	—	1.66	0.42	—	—	99.89
	17	伏川	火山碎屑岩	57.68	0.56	16.48	—	1.09	4.01	5.06	—	5.34	4.76	0.12	0.12	0.10	—	—	—	2.60	0.28	—	—	98.2
	1 ^a	伏川	火山碎屑岩	63.63	0.68	10.16	—	1.03	5.00	4.9	—	7.65	2.08	3.07	—	—	—	—	—	—	—	—	—	98.2
	FL-37 ^e	伏川	熔结凝灰岩	63.84	0.75	14.47	0.009	0.05	5.92	3.66	—	1.58	2.34	2.42	0.13	0.17	0.004	0.30	3.21	0.41	—	—	—	99.26

数据来源: a. 据 332 队 (1964); b. 据 332 队 (1975); c. 据 332 队 (1965); d. 据 白文吉等 (1986); e. 由中国地质科学院测试所测定。

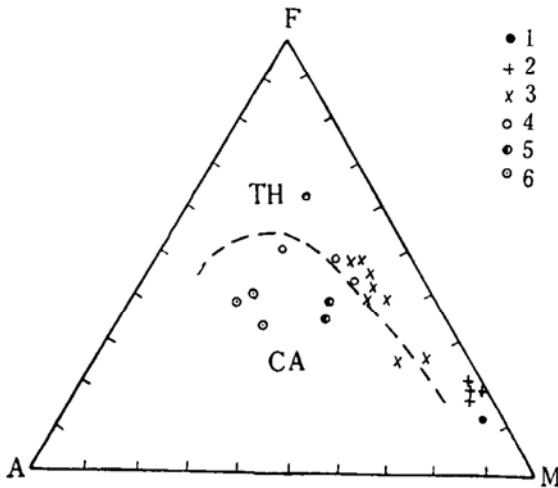


图 1 AFM 图解

Fig. 1 AFM diagram

TH与CA曲线据 J. Girardeau et al.(1985)
 TH—拉斑玄武岩系列; CA—钙碱性玄武岩系列
 1—纯橄岩; 2—异剥橄岩, 辉石岩; 3—辉长岩;
 4—辉绿岩; 5—基性熔岩; 6—火山碎屑岩

表 2 蛇绿岩微量元素分析数据(ppm)

Table 2 Trace element contents of ophiolite(ppm)

样品号	岩石名称	Sr	Rb	K	Ba	Th	Ta	Nb	P	Hf	Zr	Y
FL-37	熔结凝灰岩			20335	391	10.4	1.0	12	645	6.7	248	21.4
FL-29	枕状熔岩			8466	171	4.1	0.6	6.5	516	4.2	142	17.0
FL-26	块状熔岩			4648	71	4.3	0.8	7.1	430	4.2	146	14.5
B ¹	辉绿岩			1328	51	0.9	0.4	3.8	387	2.4	91	14.5
B ₃	辉长岩				16	<0.5	0.4	1.2		0.5	42	3.5
B ₃₉	辉长岩				305	1.3	0.4	4.1		2.1	82	11.2
MORB ^a		120	20	1245	30	0.2	0.19	3.5	524	2.4	90	30
粒球陨石标准化值 ^b												
样品号	岩石名称	Ce	Sm	Ti	Sc	Cr	Ni	V	Co	Mn	Fe	Yb
FL-37	熔结凝灰岩	51.3	5.35	5000	17	67	32	100	16.6	1007	46364	2.3
FL-29	枕状熔岩	24.1	3.98	5300	32	226	81	175	27.9	1394	50818	1.74
FL-26	块状熔岩	27.1	4.27	5700	34	241	95	158	34.5	1394	55986	1.53
B ₁	辉绿岩	16.63	3.13	5100	43	122	71	270	40.5	1471	71757	1.68
B ₃	辉长岩	8.84	1.14	1400	30	680	182	125	24.1			0.73
F ₃₉	辉长岩	12.8	2.51	4200	38	500	149	198	38			1.19
MORB ^a		10	3.3	9000	40	250	120					3.3
球粒陨石标准化值 ^b				2400	31	12700	4700	254	2300	9200	900000	

注: K、P、Mn、Fe是根据全分析(表1)换算得出,微量元素由核工业部北京三所用等离子体光谱分析测试。

a, MORB值据Pearce (1981); b, 球粒陨石标准化值据Wassin, J.T (1974)。

通常认为不相容元素的比值反映源区的性质和特征^[4]。研究表明^①, 歙县蛇绿岩壳层各单元都具有相似的 Zr/Nb、Ba/Zr、La/Nb、La/Ta、Th/Ta 比值, 说明歙县蛇绿岩各组合同源。

图 3 是根据 Pearce (1981) MORB 相应元素丰度标准化的微量元素地球化学模型所作图解, 从图可以看到, 蛇绿岩各类岩石富集大离子亲石元素 (LIL) K、Ba 和 Th, 而 Ti、

① 杨建明, 中国地质科学院硕士论文。

Y 和 Yb 相对 MORB 枯竭。蛇绿岩各类岩石具类似不相容元素地球化学模型,也反映它们的同源特征。

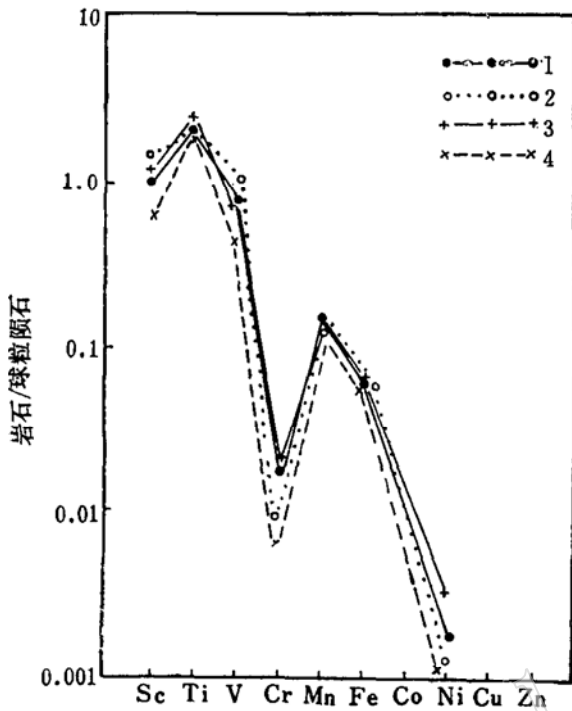


图 2 过渡族元素分配模型

Fig. 2 Chondrite-normalized patterns of transition elements

1—B₁辉绿岩; 2—FL 26 块状熔岩; 3—FL 29 枕状熔岩; 4—FL 37 熔结凝灰岩

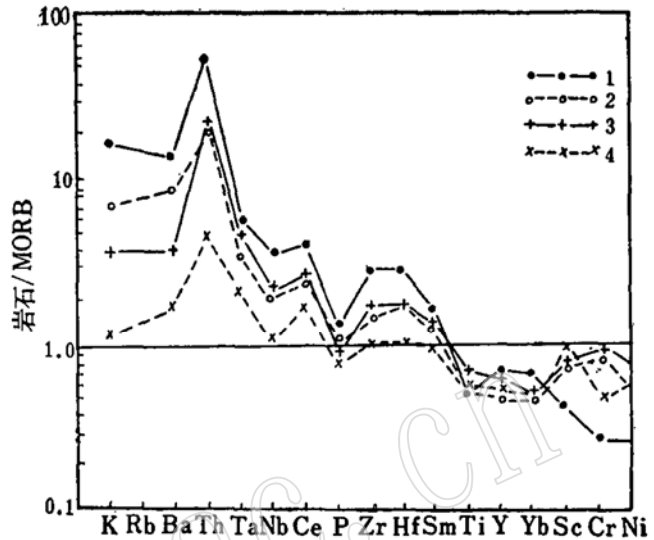


图 3 蛇绿岩微量元素地球化学模型

Fig. 3 Geochemical patterns of trace elements in ophiolite

1—FL 37 熔结凝灰岩; 2—FL 26 块状熔岩; 3—FL 29 枕状熔岩; 4—B₁辉绿岩

2.3 稀土元素地球化学

根据 Wakita et al.(1971) 球粒陨石丰度进行标准化的稀土元素 (REE) 配分模型如图 4。

地幔橄榄岩 $\Sigma\text{REE}=0.2062\text{--}0.8796(\text{ppm})$, 配分型式为 LREE 富集型, 且 $(\text{La}/\text{Sm})_N=1.08\sim 1.87$, $(\text{Ce}/\text{Yb})_N=3.34\text{--}5.55$, 不同于我国其它造山带内地幔橄榄岩。纯橄榄岩稀土总量(0.6975 ppm) 较高, 尤其 HREE 均高于斜辉橄榄岩, 说明其堆积成因。

堆晶杂岩 $\Sigma\text{REE}=0.6572\text{--}50.74(\text{ppm})$, 配分型式为 LREE 富集型, 其 $(\text{La}/\text{Sm})_N=1.84\text{--}4.21$, $(\text{Ce}/\text{Yb})_N=2.60\text{--}5.18$ 。由图 4 可以看出堆晶杂岩如下特征:

(1) 从超镁铁堆晶岩到辉长岩稀土总量增加, 指示它们系岩浆房不同分异阶段产物。

(2) 堆晶杂岩具 LREE 富集型配分模型、相近的 $(\text{La}/\text{Sm})_N$ 和 $(\text{Ce}/\text{Yb})_N$ 比值, 暗示堆晶杂岩岩石同源。

(3) 辉长岩具正 Eu 异常 ($\text{Eu}/\text{Eu}^*=2.08\text{--}3.44$), 暗示晶出大量斜长石, 而超镁铁堆晶岩无 Eu 异常, 暗示岩浆结晶早期无斜长石晶出。

辉绿岩 $\Sigma\text{REE}=67.13(\text{ppm})$, 配分型式为 LREE 富集, 其 $(\text{La}/\text{Sm})_N=2.95$ 、 $(\text{Ce}/\text{Yb})_N=2.39$, 具正 Eu 异常 ($\text{Eu}/\text{Eu}^*=2.23$)。

表 3 蛇绿岩稀土元素分析数据(ppm)
Table 3 REE data of ophiolites(ppm)

样品号	F30 ^a	F-72 ^a	F25 ^a	F8 ^a	F12 ^a	B3 ^b	F39 ^b	B ₁ ^b	FL26 ^b	FL 29 ^b	FL37 ^b	12个球粒 陨石平均 成分 (Wakita et al 1971)
地点	伏川	伏川	伏塘坑	理大留庙	理大留庙	鲍家庄	伏川	鲍家庄	伏川	伏川	伏川	
岩石名称	纯橄岩	斜辉 橄榄岩	斜辉 橄榄岩	异剥 橄榄岩	纯橄岩	辉长岩	辉长岩	辉绿岩	块状 熔岩	枕状 熔岩	熔结 凝灰岩	
La	0.14	0.038	0.19	0.18	0.14	8.37	8.04	16.08	14.5	14.5	23.0	0.34
Ce	0.29	0.09	0.39	0.41	0.30	8.84	12.8	16.63	27.1	24.1	51.3	0.91
Pr						5.76	5.72	6.31	4.14	5.03	7.08	0.121
Nd	0.18	0.051	0.21	0.20	0.15	5.94	9.62	9.69	16.6	14.5	27.0	0.64
Sm	0.043	0.013	0.05	0.047	0.034	1.14	2.51	3.13	4.27	3.98	5.35	0.195
Eu	0.014	0.0046	0.015	0.014	0.012	1.63	1.88	2.48	1.38	1.91	1.70	0.073
Gd						1.86	3.10	3.76	5.40	4.83	6.01	0.26
Tb	0.0071	0.0024	0.0053	0.0074	0.0051	0.27	0.50	0.56	0.78	0.72	0.94	0.047
Dy						1.58	2.84	3.40	4.24	4.07	5.23	0.30
Ho						0.35	0.63	0.82	0.89	0.83	1.21	0.078
Er						0.86	1.51	2.02	2.02	2.07	3.14	0.20
Tm						0.13	0.21	0.30	0.30	0.29	0.44	0.032
Yb	0.021	0.0064	0.017	0.024	0.014	0.73	1.19	1.68	1.53	1.74	2.3	0.22
Lu	0.0024	0.0008	0.0023	0.0031	0.0021	0.12	0.19	0.27	0.23	0.26	0.35	0.034
(La/Sm) _N	1.87	1.68	2.18	2.17	2.36	4.21	1.84	2.95	1.95	2.09	2.47	
(Ce/Yb) _N	3.34	3.40	5.55	4.13	5.18	2.93	2.60	2.39	4.28	3.35	5.39	
(La/Ce) _N	1.29	1.13	1.30	1.18	1.25	2.53	1.68	2.59	1.43	1.61	1.20	
(Sm/Nd) _N	1.28	1.20	1.28	1.30	1.34	1.58	1.17	0.94	1.18	1.11	1.53	
(Yb/Lu) _N	1.35	1.24	1.14	1.20	1.03	0.94	0.97	0.96	1.03	1.03	1.02	

注: 由核工业部北京三所测试, a 采用中子活化分析测定; b 采用等离子体光谱分析测定。

基性熔岩 Σ REE=78.83—83.78 (ppm), 配分为LREE富集型, 其 $(La/Sm)_N=1.95$ — 2.09 、 $(Ce/Yb)_N=3.35$ — 4.28 。枕状熔岩具正Eu异常 ($Eu/Eu^*=1.34$), 可能反映其源区含斜长石。块状熔岩具负Eu异常 ($Eu/Eu^*=0.89$), 暗示斜长石分离作用。由图4可知, 基性熔岩与辉绿岩稀土曲线相交, 暗示基性熔岩岩浆非辉绿岩浆补给。

火山碎屑岩 Σ REE=135.05 (ppm), 配分型式为LREE富集型, 且 $(La/Sm)_N=2.47$ 、 $(Ce/Yb)_N=5.39$, 火山碎屑岩稀土元素配分模式类似基性熔岩的模式。

综上所述, 歙县蛇绿岩壳层单元具类似的稀土元素比值和REE配分模型, 指示它们是同源产物。

3 蛇绿岩形成的构造环境

由蛇绿岩基性熔岩岩石化学成分可知, 基性熔岩属钙碱性玄武岩和拉斑玄武岩间过渡类型, 具有高 K_2O 、低 TiO_2 和 P_2O_5 的特征, 这种特征与大洋中脊玄武岩是不相同的。G. Mar-

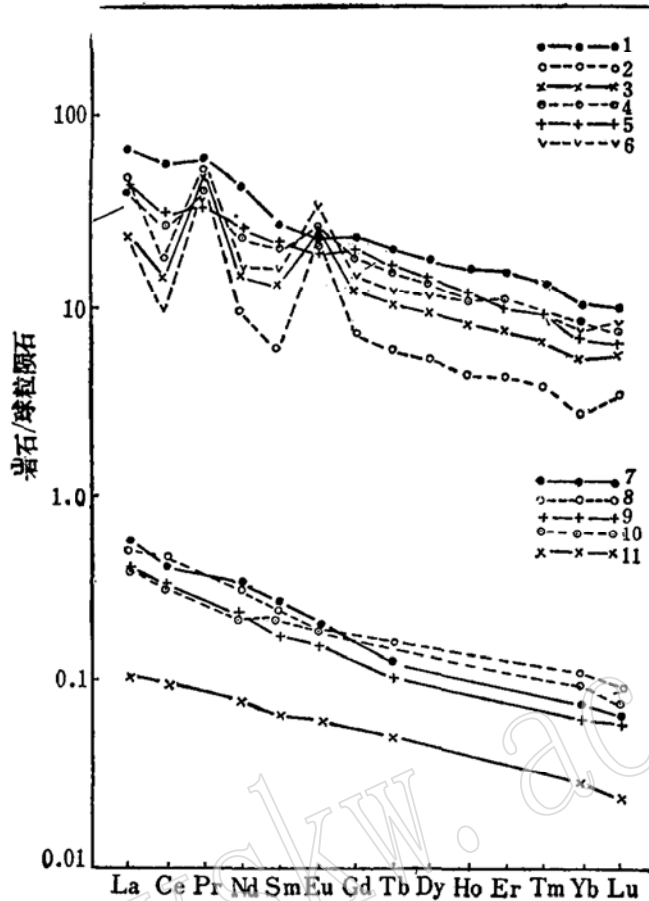


图 4 歙县蛇绿岩REE球粒陨石标准化分配模式

Fig. 4 Chondrite-normalized REE patterns of Shexian ophiolite

1—FL 37 凝灰岩；2—B₁辉绿岩；3—FL 29 枕状熔岩；4—FL 26 块状熔岩；5—F 39 均质辉长岩；6—B₃ 均质辉长岩；7—F₈ 异剥橄辉岩；8—F 30 纯橄岩；9—F 25 斜辉橄辉岩；10—F 12 堆晶纯橄岩；11—FT 2 斜辉橄辉岩。

celat et al. (1983)⁽⁵⁾ 在研究新赫布提 Futuna 岛熔岩和 S. D. Weavers et al. (1979)⁽⁶⁾ 研究 Bransfield 海峡盆地时认为，弧后盆地扩张早期玄武岩具有钙碱性和碱性玄武岩过渡的趋势。Marcelot et al. (1983) 指出 Futuna 岛熔岩代表弧后（弧间）盆地扩张早期钙碱性玄武岩。Condie (1982)^① 也认为，较小的弧后盆地内拉斑玄武岩可能与钙碱性玄武岩相混合。该基性熔岩显示钙碱性和拉斑玄武岩间过渡特征，提示歙县蛇绿岩可能形成于弧后（弧间）盆地环境。

由图 5 可知，基性熔岩富集 K、Ba 和 Th 等 LIL 大离子半径元素，Ti、Y 和 Yb 枯竭而不同于 MORB。同火山岛弧拉斑玄武岩 (Pearce, 1982) 相比，K、Ba、Th、Nb、Ce、Zr、Hf、Sm、Cr、Ni 都比岛弧拉斑玄武岩富集，而与 Futuna 岛熔岩⁽⁵⁾ 相当。在 Zr—Ti—Y 图解 (Pearce and Cann 1979) 内^②，蛇绿岩成分点位于 C+D 区，即钙碱性和板内玄武岩区。在 Hf—Ta—Th 图解中 (Wood, 1980)^③，蛇绿岩成分点位于投影图的 D 区，即消减带的钙碱性玄武岩区。上述讨论均说明歙县蛇绿岩具钙碱性玄武岩性质，同岩石化学特征相吻合。

① K. C 康迪，板块构造与地壳演化。杜宽平等译，武汉地质学院地史教研室，1984。

②③ 杨建明，中国地质科学院硕士论文。

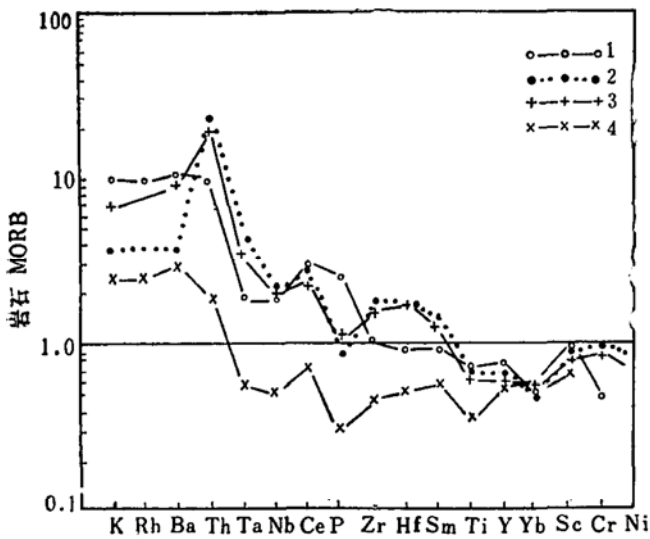


图5 蛇绿岩微量元素模型与其他玄武岩对比

Fig. 5 Trace element patterns of ophiolite in comparison with patterns of other basalts

1—Futuna 岛熔岩 (据 Marcelot et al., 1983); 2—FL 29 枕状熔岩; 3—FL 26 块状熔岩; 4—岛弧拉斑玄武岩 (据 Pearce, J. A., 1982)

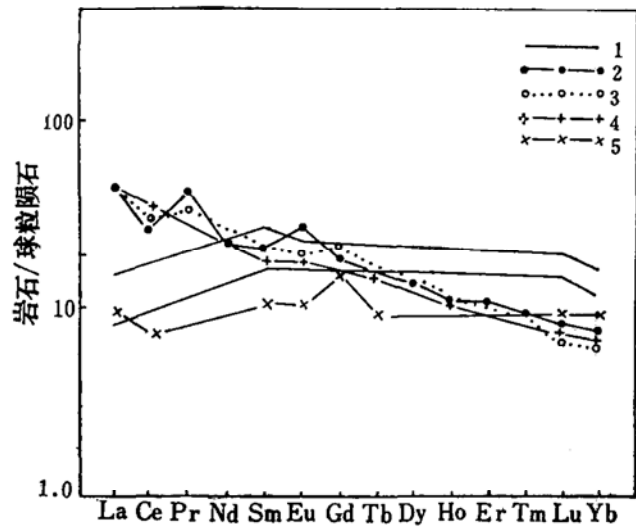


图6 蛇绿岩稀土元素分配模式与其他玄武岩对比

Fig. 6 Chondrite-normalized REE patterns of ophiolite in comparison with patterns of other basalts

1—洋脊拉斑玄武岩 (据科尔曼, 1977); 2—岛弧拉斑玄武岩 (据 Condie, 1984); 3—FL 29 枕状熔岩; 4—Futuna 岛熔岩 (据 Marcelot et al., 1983); 5—FL 26 块状熔岩

研究表明^①, 蛇绿岩微量元素比值与N型MORB相比, Zr/Nb 低, 而 Ba/Zr 、 La/Nb 、 La/Ta 、 Th/Ta 较高。歙县蛇绿岩微量元素比值与Bransfield海峡玄武岩、南Shetland岛^[7]相似。

蛇绿岩基性熔岩稀土元素配分为LREE富集型(图6), 有别于大西洋中脊正常玄武岩和岛弧拉斑玄武岩。蛇绿岩稀土元素配分与Futuna岛钙碱性玄武岩相似。A. D. Saunders et al.^[8]研究弧后盆地玄武岩认为, 弧后玄武岩过渡特征可能来源于俯冲板块的流体使其地幔源区局部富集LIL、LREE元素和水来解释, 指出弧后玄武岩为钙碱性和拉斑玄武岩间的过渡类型, 并且富集LIL和LREE元素。岩石学研究表明^[9], 歙县蛇绿岩堆晶杂岩是在高 H_2O 条件下形成的, 从另一侧面也指示歙县蛇绿岩形成于弧后(弧间)盆地或岛弧环境。

岩石学研究表明^[9], 地幔橄榄岩内铬尖晶石 $Cr \times 100 / (Cr + Al)$ 变化于49—75范围, 相当于第II类阿尔卑斯型橄榄岩^[10]。蛇绿岩堆晶杂岩结晶顺序为橄榄石+单斜辉石, 而岛弧环境堆晶杂岩也常见橄榄石+单斜辉石组合, 暗示该蛇绿岩产于弧后盆地或岛弧环境。再者火山碎屑岩内熔结凝灰岩存在, 同样反映歙县蛇绿岩形成于同大陆边缘或岛弧相联系的环境。

岩相古地理分析表明^[11, 12], 歙县蛇绿岩所赋存的地层为元古代木坑牛屋组并由粉砂岩、千枚岩及硬砂质砂岩组成, 代表弧后盆地(边缘海)复理石建造, 因而表明该区曾经为弧后盆地环境。

① 杨建明, 中国地质科学院硕士论文。

综合前述,笔者有理由认为歙县蛇绿岩代表岛弧(江南古陆)拉开的弧后(弧间)盆地环境。

4 结论

(1) 岩石化学研究表明,歙县蛇绿岩 K_2O 高, TiO_2 和 P_2O_5 低,属于钙碱性和拉斑玄武岩间的过渡类型。

(2) 地幔橄榄岩稀土元素配分型式为 LREE 富集型,其 $(La/Sm)_N=1.08-1.87$ 、 $(Ce/Yb)_N=3.34-5.55$,明显不同于我国其它造山带内地幔橄榄岩。

(3) 蛇绿岩壳层单元具类似的微量和稀土元素比值,并且高度富集 LIL 和 LREE,暗示其同源性。

(4) 微量和稀土元素地球化学特征表明,歙县蛇绿岩形成于弧后(弧间)盆地环境。

参 考 文 献

- 1 白文吉、甘启高、杨经绥、邢凤鸣、徐祥. 江南古陆东南缘蛇绿岩完整剖面的发现和基本特征. 岩石矿物学杂志, 1986, 5(4): 289—298.
- 2 周新民、邹海波、杨杰东、王银喜. 安徽歙县伏川蛇绿岩套的 Sm-Nd 等时线年龄及其地质意义. 科学通报, 1989, (16): 1243—1245.
- 3 叶德隆、邓晋福、孙平、赵海玲、汤德平. 皖南蛇绿岩的初步研究. 地球科学——中国地质大学学报, 1991, 16(2): 143—152.
- 4 Pearce T. A et al. Petrogenetic implication of Ti, Zr, Y and Nb variations in volcanic Rocks. Contrib. Mineral petrol, 1979, 169: 33—47.
- 5 Marcelot G et al. Petrology of Futuna island lavas (New Hebbides): An example of calc-alkaline magmatism associated with the initial stages of back-arc spreading. Chemical Geology, 1983, 138: 23—37.
- 6 Weaver S D et al. A geochemical study of magmatism associated with the initial stages of back-arc spreading; The quaternary volcanics of Bransfield strait; From South Shetland island. Contrib. Mineral Petrology, 1979, 168: 151—169.
- 7 Saunders A D et al. Transverse geochemical variation across the antarctic peninsula; Implications for the genesis of calc-alkaline magmas. Earth and Planetary Science letters, 1980, 146: 343—360.
- 8 Saunders A D and Tarney J. 弧后盆地中玄武岩质火山作用的地球化学特征. 杨武亮译. 地质地球化学, 1988, (10): 44—48.
- 9 杨建明. 安徽歙县蛇绿岩的研究. 衡阳工学院学报, 1991, 5(2): 47—55.
- 10 Dick H J B and Bullen T. Chromian spinel as a petrogenetic indicator in abyssal and alpine-type peridotite and spatially associated lavas. Contrib. Mineral Petrology, 1984, 186: 54—70.
- 11 周洪瑞. 赣东北皖南晚元古代地层与构造古地理. 见: 王鸿祯 刘本培 杨巍然编. 华南地区大陆边缘构造史. 武汉: 武汉地质学院出版社, 1986. 173—179.
- 12 徐备. 论赣东北-皖南晚元古代沟弧盆体系. 地质学报, 1991, 64(1): 33—41.

Geochemical Characteristics and Tectonic Setting of Ophiolites in Shexian County, Anhui Province

Yang Jianming

(Department of Mining, Hengyang Institute of Technology, Hengyang 421001)

Wang Xibin, Bao Peisheng

(Institute of Geology, Chinese Academy of Geological Sciences)

Key words: ophiolite; mantle peridotite; chondrite-normalized REE patterns; back-arc (interarc) basin

Abstract

Studies on chemical composition and trace elements and REE geochemistry of mantle peridotite in ophiolites of Shexian County show that its chondrite-normalized patterns are of LREE-enriched type, quite different from mantle peridotite from other orogenic belts of China. The crustal sequence of Shexian ophiolites belongs to the transitional series between calc-alkaline basalt and tholeiite and all through has similar trace elements and REE ratios and chondrite-normalized REE patterns, with high enrichment of large-ion lithophile elements and LREE. In Zr—Ti—Y and Hf—Ta—Th diagrams, compositional points of basic lava of Shexian ophiolites all fall into the area of calc-alkaline basalt. This, combined with petrological and regional geological data, has led the authors to believe that Shexian ophiolites were formed in a back-arc (interarc) basin environment.