

湘东北钠质煌斑岩的发现及其地质意义*

贾大成^{1,2} 胡瑞忠¹ 卢焱² 谢桂青¹ 丘学林³

1. 中国科学院地球化学研究所, 贵阳 550002; 2. 吉林大学地球探测科学与技术学院, 长春 130026;

3. 中国科学院南海海洋研究所, 广州 510301

摘要 在湘东北中生代陆内拉张带中发现了一组特殊的钠质煌斑岩. 岩石以富 Na_2O , 高 TiO_2 和 Nb, Ta, Nd, LREE 弱富集以及不出现负铕异常为特征. 测得 Rb-Sr 同位素年龄为 136 Ma. Sr 同位素初始比值为 0.705331, Nd 同位素初始比值为 0.512639~0.512654, $\epsilon_{\text{Nd}}(t)$ 值为 +3.5~+3.8. 微量元素和 Sr, Nd 同位素组成具有洋岛玄武岩(OIB)地幔源区性质, 构成特殊的钠质煌斑岩地幔源区. 推测钠质煌斑岩形成于板内软流圈地幔上涌的地幔热点式构造环境, 来自软流圈含挥发分的流体/熔体与下地幔的交代作用可能是制约钠质煌斑岩形成和陆内拉张的主要因素.

关键词 钠质煌斑岩 微量元素 Sr-Nd 同位素 地幔热点

在以往研究的煌斑岩类型中, 以钙碱性煌斑岩和碱性煌斑岩中富钾煌斑岩为主, 而对碱性煌斑岩中钠质煌斑岩则少见报道^[1], 对钠质煌斑岩的产出深部构造条件和源区地球化学性质亦缺少研究. 近期在湘东北发现的钠质煌斑岩不仅提供了这一新的岩石类型, 同时也为探讨钠质煌斑岩的地幔源区性质和成岩构造环境提供了很好的研究条件. 钠质煌斑岩与常见的钾质煌斑岩是否具有类似的地幔源区或连续的地幔演化区间以及是否具有相同的成岩构造环境等则是普遍关注的基础性问题^[2]. 本文主要通过钠质煌斑岩的微量元素和 Sr, Nd 同位素来示踪其源区地球化学特征, 并与钾质煌斑岩对比, 从而提取一些有价值的地质地球化学信息.

1 岩石产出地质背景

湘东北钠质煌斑岩侵入到浏阳西北部蕉溪岭燕山期黑云母二长花岗岩和中元古冷家溪群地层中. 黑云母二长花岗岩体的黑云母 K-Ar 年龄为 161 Ma^[3]. 区域北东向长寿-双牌左行剪切深大断裂在岩体北西侧通过, 煌斑岩脉沿该深断裂的次级南北向断裂侵入. 煌斑岩呈脉状产出, 岩脉长数十米~数百米, 脉宽 0.4~6 m, 产状多近于直立, 呈岩脉群

平行或斜列式产出.

2 样品、分析方法和测定结果

钠质煌斑岩的主要岩石类型为闪斜煌斑岩、棕闪煌斑岩及闪辉正煌岩. 暗色矿物以辉石、角闪石、棕闪石和黑云母为主, 普通角闪石(-)2V 为 75~80°, 棕闪石 Np 浅黄褐色, Nm 红褐色, Ng 深褐色, (-)2V 为 40~50°, 辉石 Ng' \wedge C 为 38~43°, 浅色矿物主要为斜长石($\text{An}_{30\sim 4}$)及少量正长石, 钠长石具卡钠复合双晶, 具有较为典型的煌斑结构、嵌晶结构, 斑晶多为角闪石、棕闪石、辉石、黑云母和斜长石, 副矿物主要为磷灰石, 钛铁矿, 磁铁矿, 榍石及锆石. 钠质煌斑岩脉在地表形成球状风化, 在球状风化内部和局部人工露头常可见到新鲜岩石, 新鲜岩石蚀变较弱, 主要为绿泥石化和绢云母化. 对新鲜煌斑岩脉进行主成分和微量元素的分析结果列于表 1 和表 2. 岩石 SiO_2 变化在 45.78%~51.63% 之间. 岩石以相对富 Na_2O 、高 TiO_2 为特征, $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ 比值为 0.37~0.79(表 1). 在对碱性煌斑岩的进一步分类图解上, 与 Wimmenauer^[4]确定的棕闪煌斑岩一样, 全部落于钠质煌斑岩区, 并明显有别于云南老王寨钾质煌斑岩^[5](图 1).

2002-5-28 收稿, 2002-07-04 收修改稿

* 国家杰出青年科学基金(批准号: 49925309)、中国科学院知识创新项目(KZCX2-102, KZCX2-209)、中国科学院矿床地球化学开放研究实验室基金项目(2000)和中国科学院边缘海地质与古环境开放实验室基金项目(BYH01A02)资助

E-mail: jiadacheng@sina.com

表1 湘东北蕉溪岭钠质煌斑岩岩石化学成分分析结果表(单位:质量%)^{a)}

成分	闪斜煌斑岩 (Jg2)	闪斜煌斑岩 (Jg3)	棕闪煌斑岩 (Jg4)	棕闪煌斑岩 (Jg5)	棕闪煌斑岩 (Jg6)	闪斜煌斑岩 (Jg7)	闪辉正煌岩 (Jg8)	棕闪煌斑岩 (Jg9)	棕闪煌斑岩 (Jg10)	棕闪煌斑岩 (ZY)
SiO ₂	51.63	50.99	47.31	46.49	48.42	48.19	47.82	47.17	45.78	44.67
TiO ₂	2.12	1.75	2.75	2.50	2.60	2.28	2.64	3.17	2.75	2.46
Al ₂ O ₃	15.82	16.06	15.35	17.01	14.64	16.14	16.25	13.88	13.98	14.35
Fe ₂ O ₃	4.30	4.00	5.92	5.60	5.75	3.75	4.72	5.70	5.72	4.50
FeO	5.10	5.70	5.98	5.90	5.95	5.56	5.92	5.90	5.78	7.19
MnO	0.14	0.13	0.16	0.21	0.20	0.13	0.15	0.18	0.14	—
MgO	5.50	6.60	6.70	7.30	7.00	6.53	6.58	6.46	5.51	7.02
CaO	7.00	7.70	6.70	6.60	6.90	5.69	6.83	7.51	7.66	9.45
Na ₂ O	3.00	2.79	3.71	3.33	3.89	3.66	3.78	4.02	4.08	2.99
K ₂ O	1.33	1.26	1.88	1.91	1.42	2.90	2.06	2.16	1.82	1.91
P ₂ O ₅	0.63	0.50	1.00	1.17	1.10	0.67	0.98	0.61	0.75	—
LOS	2.91	1.83	1.96	1.60	1.40	4.24	2.12	2.87	5.22	4.7
总计	99.48	99.31	99.42	99.62	99.27	99.74	99.85	99.53	99.19	99.24
Na ₂ O+K ₂ O	4.33	4.05	5.59	5.24	5.31	6.56	5.84	6.18	5.90	4.90
K ₂ O/Na ₂ O	0.44	0.45	0.51	0.57	0.37	0.79	0.54	0.54	0.45	0.64
σ	2.17	2.05	7.25	7.87	5.20	8.29	7.08	9.16	12.52	14.38
Mg [#]	65.70	67.49	66.67	68.82	67.70	67.36	66.67	66.11	62.67	63.50

a) Jg2~Jg10 为本文分析, 由中国科学院地球化学研究所分析实验室李荪蓉完成, 精度优于2%; (ZY)引自文献 [4].

σ = (Na₂O + K₂O)² / (SiO₂ - 43); Mg[#] = 100Mg / (Mg + Fe); LOS 为烧失量

表2 湘东北蕉溪岭钠质煌斑岩微量元素含量表(单位: × 10⁻⁶)^{a)}

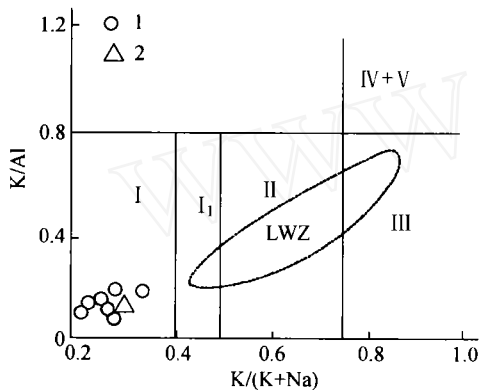
元素	Jg2	Jg3	Jg4	Jg5	Jg6	元素	Jg2	Jg3	Jg4	Jg5	Jg6
Sc	14.48	17.54	15.24	16.71	16.23	La	23.68	22.68	58.57	64.15	64.04
V	154.2	158.8	232.2	249.9	257.2	Ce	48.17	44.90	120.4	123.9	119.2
Cr	113.0	166.6	101.9	101.8	99.97	Pr	5.61	5.68	14.09	15.42	15.21
Co	42.01	45.92	43.27	47.70	50.31	Nd	24.65	24.83	60.23	65.68	65.43
Ni	106.9	125.7	99.38	97.35	98.95	Sm	6.26	6.41	12.32	13.23	13.79
Cu	42.40	45.13	40.81	37.77	35.39	Eu	2.05	2.15	3.91	4.18	4.22
Zn	123.3	127.8	161.9	154.8	177.1	Gd	5.75	6.59	10.58	11.99	11.93
Cs	1.90	2.47	1.39	0.93	0.74	Tb	0.85	0.95	1.33	1.53	1.47
Sr	539.5	521.9	1015.8	865.5	865.1	Dy	4.64	5.21	6.94	7.51	7.43
Rb	49.05	55.64	63.28	40.19	29.65	Ho	0.79	0.99	1.13	1.25	1.22
Ba	408.3	448.6	644.1	769.3	509.6	Er	2.12	2.35	2.74	2.99	2.89
Th	4.05	3.55	7.19	6.54	6.51	Tm	0.29	0.31	0.32	0.34	0.34
U	0.92	0.85	1.73	1.61	1.63	Yb	1.57	1.69	1.88	1.97	2.00
Ta	1.97	1.82	5.54	5.22	5.24	Lu	0.18	0.25	0.23	0.23	0.23
Nb	35.90	32.46	98.89	93.84	94.96	δEu	1.05	1.02	1.06	1.02	1.01
Zr	173.8	160.4	427.0	390.7	400.0	ΣREE	126.62	124.98	294.66	314.43	309.43
Hf	4.56	4.52	10.75	10.12	10.23	(La/Yb) _n	12.87	9.11	25.67	28.25	28.33
Y	27.14	29.64	30.75	36.18	34.08						

a) 分析方法 ICP-MS, 精度优于5%; 由中国科学院地球化学研究所漆亮完成

表3 湘东北钠质煌斑岩铷、钕同位素组成

样号	$w(\text{Rb})/10^{-6}$	$w(\text{Sr})/10^{-6}$	$^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}(2\sigma)$	$\epsilon_{\text{Sr}}(t)$	年龄/Ma ($\pm 2\sigma$)	$(^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})_0$ ($\pm 2\sigma$)	MSWD
Jg2	45.28	474.0	0.27570	0.705898 ± 0.000020	+14.54	$136 \pm 36\text{Ma}$	0.705331 ± 0.000131	9.29
Jg3	63.37	462.9	0.39530	0.706070 ± 0.000020	+13.71			
Jg5	50.10	896.3	0.16140	0.705647 ± 0.000020	+14.10			
Jg6	13.54	807.7	0.04838	0.705411 ± 0.000016	+13.84			
样号	$w(\text{Sm})/10^{-6}$	$w(\text{Nd})/10^{-6}$	$^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$	$^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}(2\sigma)$	$\epsilon_{\text{Nd}}(t)$	年龄/Ma ($\pm 2\sigma$)	$(^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd})_0$	
Jg3	11.60	62.19	0.1129	0.512756 ± 0.000010	+3.8	$136 \pm 36\text{Ma}$	0.512654	
Jg6	12.61	62.60	0.1219	0.512749 ± 0.000009	+3.5			0.512639

分析单位：中国科学院地质与地球物理研究所同位素实验室

图1 煌斑岩类分类图解^[6]

I-钠质煌斑岩；I₁-弱钾质煌斑岩；II-钾质煌斑岩；III-超钾质煌斑岩；IV-过钾质煌斑岩；V-钾镁煌斑岩；1 湘东北钠质煌斑岩；2 棕闪煌斑岩^[4]；LWZ 云南老王寨钾质煌斑岩^[5]

为避免地表岩石蚀变对年龄的影响，本次工作采用全岩 Rb-Sr 同位素方法，对岩脉群中不同岩脉分别采样，通过薄片鉴定选取新鲜样品进行 Rb, Sr 同位素测定，确定岩脉形成年龄。然后依据测定年龄和典型岩脉 Sm, Nd 同位素比值测定，计算典型岩脉的 Nd 同位素初始比值和 $\epsilon_{\text{Nd}}(t)$ 值。Rb, Sr 和 Sm, Nd 同位素分析在中国科学院地质与地球物理研究所同位素超净实验室完成，样品用 HF + HClO₄ 在 Teflon 容器中低温溶解 7 d，采用 AG50W × 8(H⁺) 阳离子交换柱及 P507 萃淋树脂分离出纯净的 Rb, Sr 和 Sm, Nd，同位素测量在 VG354 固体同位素质谱计上进行。Sr 同位素质量分馏用 $^{86}\text{Sr}/^{88}\text{Sr} = 0.1194$ 校正，Rb-Sr 全流程空白本底约为 $(2 \sim 5) \times 10^{-10}$ g。Nd 同位素质量分馏用 $^{146}\text{Nd}/^{144}\text{Nd} = 0.7219$ 校正，Sm-Nd 全流程空白本底约为 5×10^{-11} g。年龄处理采用 ISOPLOT 计算机程序， $\lambda_{\text{Rb}} = 1.42 \times 10^{-11}/\text{a}$ ， $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$ 输入误差为 0.5%。测定和计算处理结果见表 3 和图 2，获得湘东北钠质煌斑岩年龄为 (136 ± 36) Ma，MSWD = 9.29。

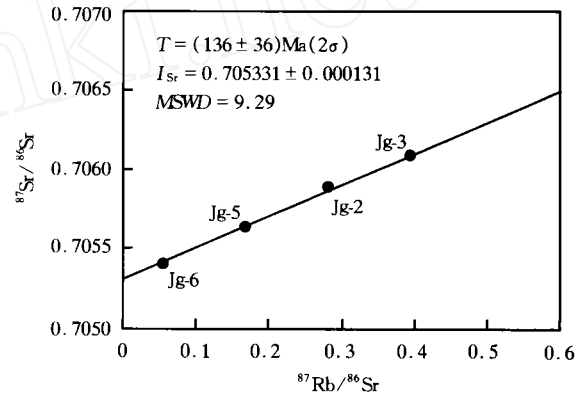


图2 湘东北钠质煌斑岩铷-锶年龄等时线图

3 讨论

3.1 岩脉形成时代与构造转换期

所测 Rb-Sr 年龄与岩脉侵入关系协和一致，表明煌斑岩脉的侵入时代应为 136 Ma 的早白垩世，属燕山晚期(图 2)。中国东南部燕山期区域构造经历了从早、中侏罗世的挤压-剪切到早白垩世拉张两个明显不同的构造演化阶段^[7]。李献华等^[8]依据基性岩脉的形成与岩石圈拉张的密切成因联系，提出华南中生代曾经历过 4 次拉张作用(~ 140 , ~ 124 , ~ 105 , 90 Ma)。136 Ma 的钠质煌斑岩侵入与湘南道县 131.1 Ma 玄武岩喷发^[9]和湘东北早白垩世非造山花岗岩侵入相一致^[10]，相当于华南陆内较早一期(~ 140 Ma)的拉张，为地壳挤压后松弛-拉张时期产物，显示中国东南部燕山晚期这一构造转换时期的存在。

3.2 岩浆源区地球化学性质

湘东北钠质煌斑岩大离子亲石元素(LILE)富集并不明显，有的甚至出现 K, Sr 的弱亏损，高场强元素中略富集 Ta, Nb, Nd, P 等，Ti, Zr, Hf 并未出现亏损和富集，而重稀土元素 Yb, Y 亏损，具有较为典型的 OIB 型地幔源区特征(图 3)。由于不存在明显的负 Eu 异常(表 2)，所以 Sr 的负异常

可能反映为源区的性质. 高场强元素比值 Nb/Ta 为 17.88 ~ 18.25, 平均为 18.01, Zr/Hf 比值为 35.46 ~ 39.11, 平均为 38.19, 近于原始地幔 (Nb/Ta = 17.5 ± 2.0; Zr/Hf = 36.27), 但远高于大陆地壳值 (Nb/Ta 为 12 ~ 13; Zr/Hf = 11), 表明岩浆源区受地壳混染作用不大.

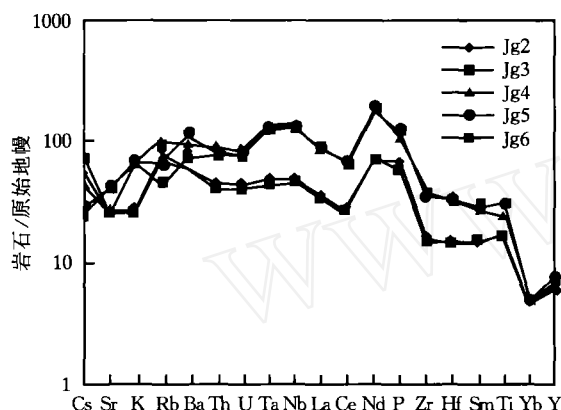


图3 湘东北钠质煌斑岩微量元素原始地幔蛛网图
样品编号同表1; (原始地幔据文献[13])

钠质煌斑岩 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 初始比值为 0.705331, $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ 初始比值为 0.512639 ~ 0.512654, $\epsilon_{\text{Nd}}(t)$ 为 +3.5 ~ +3.8 (表3), 表现 Nd 同位素的弱亏损, 具有较一致的洋岛玄武岩 (OIB) 地幔源区性质, 与 Kerguelen 火山岩相一致, 并且位于原始地幔排列线 (mantle array line) 附近 (图4), Storey

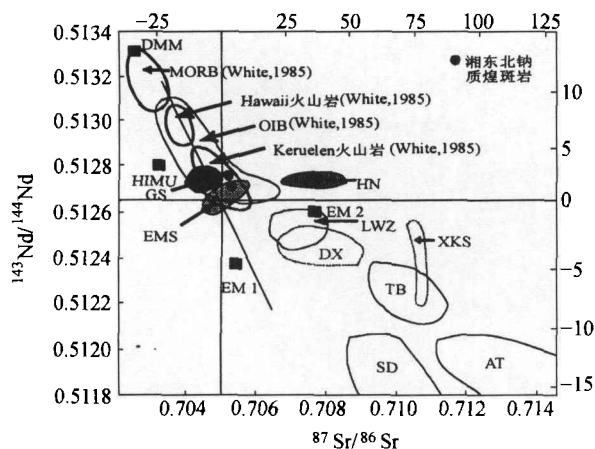


图4 湘东北钠质煌斑岩 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ - $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ 图

LWZ 老王寨钾质煌斑岩^[5]; DX 滇西钾质煌斑岩^[14]; TB 藏北钾质煌斑岩^[15]; SD 山东钾镁煌斑岩^[16]; XKS 锡矿山钙碱性煌斑岩^[17]; AT 澳大利亚钾镁煌斑岩^[18]; HN 海南岛钠质-钾质煌斑岩^[19]; GS 甘肃钾霞橄黄长岩^[20]; EMS 峨眉山玄武岩^[21]; DMM 亏损地幔, HIMU 高 U/Pb 值地幔, EM I 富集地幔 I, EM II 富集地幔 II^[22]

等^[11]将 Kerguelen 火山岩系中的煌斑岩作为地幔柱头部的标志. 对现代大洋岛屿玄武岩的研究表明, 地幔热柱构造条件和软流圈地幔上涌是形成 OIB 型地幔源区的主要制约因素, 由于钠质煌斑岩的 Sr, Nd 同位素和微量元素均未偏离 OIB 型火山岩的组成^[12], 反映软流圈地幔参与了地幔源区组成, 所以湘东北钠质煌斑岩的 OIB 型地幔源区可能主要是软流圈地幔上升并交代下地幔而形成的, 钠质煌斑岩是这种特殊地幔源区岩浆的地表“露头”. 并且暗示钠质煌斑岩的形成与软流圈地幔上涌导致的地幔热点构造环境有关.

湘东北钠质煌斑岩与其他类型煌斑岩在岩浆源区和成岩构造环境上明显不同. 虽然在海南岛戈枕^[19]和山东焦家也出现有富 Na_2O 和 TiO_2 的煌斑岩^[23], 但其 Sr 同位素 (海南岛戈枕 I_{Sr} 为 0.71564 ~ 0.72480, $\epsilon_{\text{Nd}}(t)$ 为 +1.8 ~ +2.0; 山东焦家 I_{Sr} 为 0.709057 ~ 0.737277, $\epsilon_{\text{Nd}}(t)$ 为 -0.51 ~ -1.87) 明显偏高, 所显示出来的陆壳物质混合或俯冲洋壳交代地幔源区特征与湘东北钠质煌斑岩的 OIB 型地幔源区形成明显差异. 与钾质煌斑岩和钙碱性煌斑岩所表现出来的 EM I 及 EM II 混合, 并偏向 EM II 的富集型地幔源区特征相比, 亦构成较大差异 (图4), 表明钠质煌斑岩与钾质煌斑岩及钙碱性煌斑岩应具有各自不同的地幔源区. 对钾质煌斑岩和钙碱性煌斑岩研究表明^[5, 14, 24], 其富集型地幔源区或受到俯冲残留洋壳的交代, 或受到陆壳物质的混染, 这种混染和交代造成 Nd, Sr 同位素在较大范围内变化, 形成强烈富集 LILE, LREE 和高 I_{Sr} 和低 ϵ_{Nd} 的地球化学特征, 其成岩构造环境多为现代或古陆缘活动带或岛弧带. 湘东北钠质煌斑岩的较低 I_{Sr} 和较高 ϵ_{Nd} 同位素组成与地幔柱条件下的火山岩, 如峨眉山玄武岩和西秦岭新生代钾霞橄黄长岩^[20, 21], 具有相似的地幔源区 (图4), 暗示湘东北钠质煌斑岩与钾质煌斑岩及钙碱性煌斑岩具有不同的地幔源区和成岩构造环境.

4 结论

湘东北钠质煌斑岩为富 Na_2O 高 TiO_2 的煌斑岩, 在常量元素、微量元素和 Sr, Nd 同位素等方面与常见的钙碱性煌斑岩和钾质煌斑岩明显不同, 属钠质煌斑岩类. 钠质煌斑岩的侵入可能代表湘东北早期 (136 Ma) 的拉张作用, 与华南陆内中生代较早一期 (~140 Ma) 的拉张时期相对应.

钠质煌斑岩的微量元素和 Sr, Nd 同位素及其与不同煌斑岩地幔源区对比显示, 湘东北钠质煌斑岩具有相对独立的地幔源区, 与钾质煌斑岩的地幔源区不存在同源演化关系. 这种钠质煌斑岩地幔源区的形成主要是来自软流圈含挥发分的流体/熔体与下地幔的交代作用. 钠质煌斑岩的侵入表明湘东北早期的陆内拉张可能是软流圈地幔上涌导致的主动式.

致谢 对中国科学院地质与地球物理所张任祜研究员在同位素分析方面给予的帮助表示衷心感谢.

参 考 文 献

- 1 Rock N M S. Lamprophyres. Glasgow: Blackie. 1990. 6~28
- 2 Bernard-Griffiths J, et al. Isotopic study (Sr, Nd, O and C) of lamprophyres and associated dykes from Tamazert (Morocco): Crustal contamination processes and source characteristics. *Earth Planet Sci Lett*, 1991, 103: 190
- 3 湖南省地质矿产局. 湖南省地质区域地质志. 北京: 地质出版社, 1988. 417~467
- 4 Wimmenauer W. Lamprophyre, Semilamprophyre und anchibasaltsche Ganggesteig. *Fortschritte der Mineralogie*, 1973, 51(1): 3
- 5 黄智龙, 等. 云南老王寨金矿区煌斑岩成因及其与金矿化的关系. 北京: 地质出版社, 1999. 30~112
- 6 路凤香, 等. 有关煌斑岩分类的建议. *地质科技情报*, 1991, 10(增刊): 55
- 7 傅昭仁, 等. 湘赣边区 NNE 向走滑造山带构造发展样式. *地学前缘*, 1999, 6(4): 263
- 8 李献华, 等. 粤北白垩纪基性岩脉的年代学和地球化学. *地球化学*, 1997, 26(2): 14
- 9 郭峰, 等. 湘南道县辉长岩包体的年代学研究及成因探讨. *科学通报*, 1997, 42(15): 1661
- 10 贾大成, 等. 湘东北构造活化期花岗岩形成构造环境及成因. *大地构造与成矿学*, 2001, 25(4): 277
- 11 Storey M, et al. Contamination of Indian Ocean asthenosphere by the Kerguelen-Heard mantle plume. *Nature*, 1989, 338: 574
- 12 White W M. Sources of oceanic basalts: Radiogenic isotopic evidence. *Geology*, 1985, 13: 115
- 13 Taylor S R, et al. *The Continental Crust: Composition and Evolution*. Boston: Blackwell Scientific Publications, 1985. 209~230
- 14 李献华, 等. 滇西新生代超钾质煌斑岩的元素和 Sr-Nd 同位素特征及其对岩石圈地幔组成的制约. *地球化学*, 2002, 31(1): 26
- 15 张玉泉, 等. 青藏高原东部钾玄岩系岩浆岩同位素特征: 岩石成因及其构造意义. *中国科学, D 辑*, 2000, 30: 493
- 16 邱检生, 等. 鲁西中生代富钾火山岩及煌斑岩微量元素和 Nd-Sr 同位素研究. *高校地质学报*, 1997, 3(4): 384
- 17 谢桂青, 等. 湖南锡矿山铋矿区煌斑岩的地球化学特征. *岩石学报*, 2001, 17(4): 629
- 18 Fraser K J, et al. Sr, Nd and Pb isotope and minor element geochemistry of lamproites and kimberlites. *Earth Planet Sci Lett*, 1985/1986, 76: 57
- 19 许德如. 海南岛戈枕金矿带煌斑岩的岩石地球化学研究. *大地构造与成矿学*, 1999, 23(4): 353
- 20 喻学惠, 等. 甘肃西秦岭新生代钾霞橄黄长岩火山作用及其构造意义. *岩石学报*, 2001, 17(3): 366
- 21 宋谢炎, 等. 峨眉山火山岩省的岩石地球化学特征及时限. *地质学报*, 2001, 75(4): 498
- 22 Weaver B L. The origin of ocean island basalt end-member composition: Trace element and isotopic constraints. *Earth Planet Sci Lett*, 1991, 104: 381
- 23 徐红, 等. 胶东煌斑岩的地球化学特征及成因探讨. *岩石矿物学杂志*, 2000, 19(1): 36
- 24 Currie, et al. An Archean cal-alkaline lamprophyre suit, northeastern Yigarn Block, Western Australia. *Lithos*, 1993, 31: 33