

文章编号:1671-4814(2009)03-180-08

湖南宁乡V号岩管煌斑岩的岩石地球化学特征*

林玮鹏^{1,2}, 丘志力², 李子云³, 陈炳辉², 李榴芬², 龚盛玮⁴

(1 广东省有色金属地质勘查局地质勘查研究院, 广州 510080)

(2 中山大学地球科学系, 广州 510275)

(3 湖南省地质矿产勘查开发局 413 队, 湖南 常德 415000)

(4 广州出入境检验检疫局, 广州 510623)

摘要:湖南宁乡钾镁煌斑岩是寻找湖南原生金刚石矿床的重要线索之一。本文通过对宁乡V号煌斑岩管岩地球化学的分析及其与其它地区钾镁煌斑岩的对比,确定宁乡V号岩管煌斑岩与前人所研究的宁乡钾镁煌斑岩特征基本一致。但与西澳典型含金刚石的钾镁煌斑岩相比,其SiO₂、Al₂O₃、MnO的含量较高,MgO、TiO₂、K₂O含量较低,这可能与钾镁煌斑岩的岩浆来源及演化过程有关,显示其地幔源区来源相对于西澳钾镁煌斑岩的源区较为富集。

关键词:煌斑岩;岩石地球化学;宁乡;湖南

中图分类号:P619.24

文献标识码:A

湖南沅水流域是我国重要的金刚石产区,在沅水流域一带的冲积层及现代河砂中普遍含有金刚石砂矿,所产金刚石质量是全国最好的宝石级金刚石,以光泽强、硬度高等特点闻名中外^[1]。1954年开始,湖南413地质队对沅水地区的金刚石开展系统的普查工作以来,先后探明了丁家港、桃源、窑头、安江等四个具有经济价值的金刚石砂矿(点)。但经过几十年的努力,至今始终没能发现金刚石的原生矿床。因此,湖南金刚石的来源一直没有解决。1990年10月,湖南413队首次在湖南宁乡县境内发现了含金刚石的钾镁煌斑岩群,并在这些岩筒(脉)中找到了数十颗小粒金刚石(最大者重10 mg)^[2];1998年又在常德港二口的洞湾地区新发现了含金刚石的橄榄钾镁煌斑岩岩体。但是,由于样品的制约,十年过去,有关该地钾镁煌斑岩的工作仍然非常有限,对煌斑岩含矿性的认识也缺乏更多的研究。本文主要对新采集到的V号岩管煌斑岩进行了岩石地球化学的分析,希望为认识该地钾镁煌斑岩的性质提供更多的案例和进一步的了解。

* 收稿日期:2009-04-13

基金项目:国土资源部公益性行业科研项目(200811012)资助。

第一作者简介:林玮鹏(1982~)男,福建泉州人,助理工程师,硕士,主要从事矿产地质勘查工作。

1 湖南宁乡钾镁煌斑岩群的地质背景

湖南宁乡云影窝钾镁煌斑岩群产于扬子与华南两板块的边界断裂附近,即桃江-城步壳下岩石圈碰撞断裂带与常德-安仁转换深断裂带及双牌-汨罗地壳断裂带的交汇部位(图1)。钾镁煌斑岩的分布严格受构造控制,岩体群受北西向和北东向构造联合控制,岩管受南北向断裂控制,岩脉则受北东向,北西向两组扭性断裂的控制。钾镁煌斑岩岩体群呈北西向展布,岩带大约长5 km,宽100~800 m,27个岩体中有6个岩管,集中在岩群的北西段。

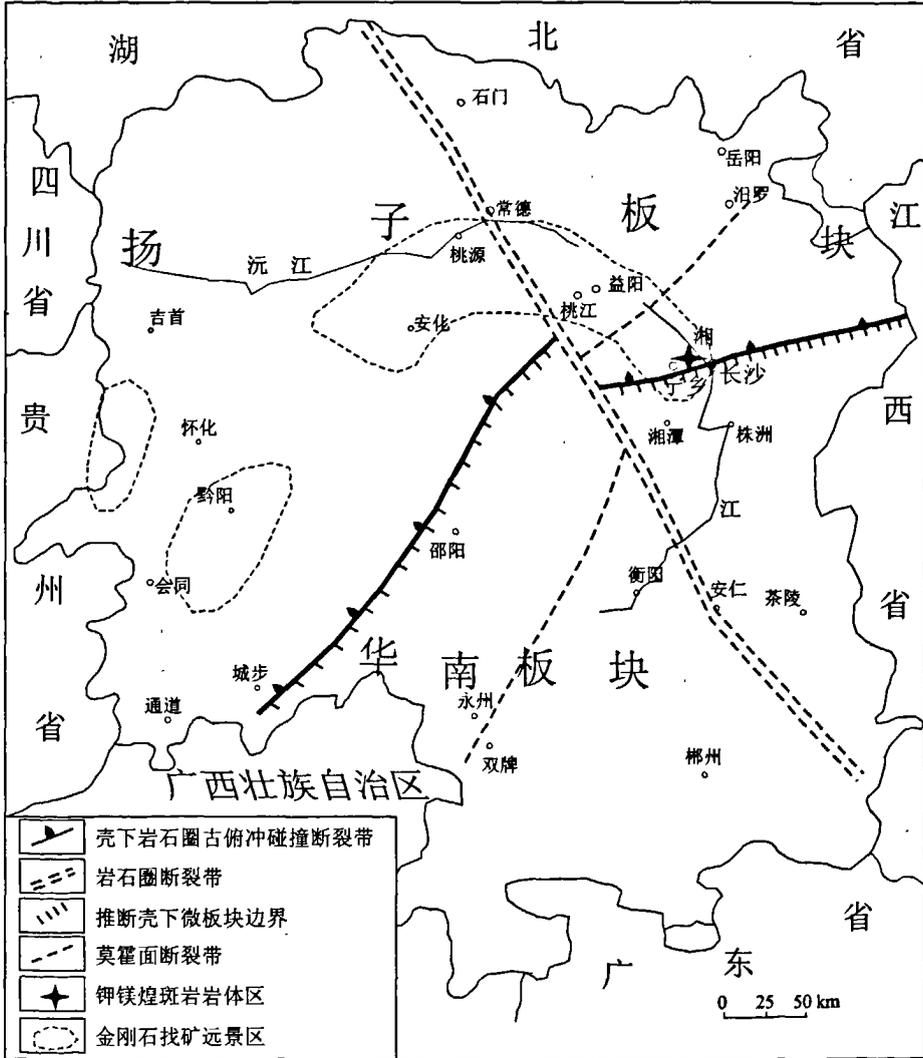


图1 湖南省地质构造简图(据文献[5]改编)

Fig. 1 Sketch map showing geological structures in Hunan province

岩体主要为火山管道相,部分为脉状浅成侵入相,其火山活动形式与玄武岩火山活动形式相似。岩体多呈区域群体或狭长带状分布,以岩管或岩脉产出,管道相岩石主要由火山碎屑岩(角砾岩-凝灰岩)组成,脉状岩体为岩浆型块状岩石^[3],常见有煌斑结构、晶(岩)屑结

构,块状构造。钾镁煌斑岩群中岩体的直接围岩是板溪群五强溪组,岩石遭受后期构造破坏较强烈,岩块发生位移,劈理十分发育。少数岩体侵位于泥盆系上统锡矿山组,被第三系覆盖^[4]。

2 样品特征及分析方法

V号煌斑岩分布在宁乡云影窝附近,曾发现小颗金刚石^[4],岩管地表风化强烈,植被茂密,风化深度10 m以上。研究样品是过去挖掘水渠时被掏出的较新鲜的岩块,岩石呈灰绿-墨绿色,具有火山碎屑结构,角砾状构造,主要由假象橄榄石、透辉石、金云母等组成。蚀变较明显,主要为碳酸盐化和绿泥石化,部分样品可见白色的碳酸盐脉体胶结现象。虽然V号岩管相对其它岩体新鲜,但岩石薄片观测显示钾镁煌斑岩原生矿物已基本风化,大多仅存假象。413地质队根据地质产状分布,推测V号岩管为第二期印支-燕山期产物。

本文在岩石薄片观察基础上,挑选了相对新鲜的样品,除去岩石表层部分并用清水冲洗干净晾干,之后对每个样品粗碎、缩分,再在玛瑙研钵上磨细至200目以下,在105℃预干燥2~4 h,置于干燥器中冷却至室温备用。然后利用标准湿法化学法分析样品的烧失量(LOI),再称取样品制成碱熔玻璃片。主要步骤为:称4.0000 g无水四硼酸锂 $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7$ 熔剂于专用塑料瓶中,以称样纸称0.5000 g样品倒入瓶中,盖好,振摇,使样品与溶剂混匀,加0.3 g(5滴)1%溴化锂LiBr助溶剂于XRF专用铂金坩锅中,倒入混合样品,以数滴Mili-Q水冲洗塑料杯,溶液倒入铂金坩锅1200℃熔融,制成玻璃饼。测试工作在中国科学院广州地球化学研究所的同位素年代学和地球化学重点实验室完成,分析仪器为日本理学Rigaku100e型X-荧光光谱仪。6个样品中,V-2样品的数据CaO、LOI与其它5个样品所测得的数据相差较大,可能和该样品受到强烈碳酸盐化蚀变有关,数据不参与分析,其余5个钾镁煌斑岩的主量元素成分含量见表1。

表1 湖南宁乡V号岩管煌斑岩全岩主量元素分析数据(%)

Table 1 Whole-rock major elements analysis of No. 5 pipe-like lamprophyre in Ningxiang, Hunan(%)

氧化物	V-1	V-2	V-3	V-4	V-5	V-6	平均值
SiO ₂	39.49	42.56	47.70	51.57	47.83	52.65	47.85
TiO ₂	3.46	0.65	3.71	0.67	2.11	2.28	2.45
Al ₂ O ₃	7.50	2.05	8.28	10.42	9.47	8.49	8.83
FeO	11.60	3.24	10.90	11.85	9.35	9.08	10.56
MnO	0.25	0.41	0.16	0.16	0.14	0.11	0.16
MgO	18.76	4.58	17.21	14.76	15.39	14.46	16.12
CaO	6.26	24.66	2.88	1.16	4.41	3.58	3.66
Na ₂ O	0.06	0.03	0.07	0.08	0.09	0.08	0.08
K ₂ O	0.05	0.03	0.19	1.12	1.44	0.77	0.71
P ₂ O ₅	1.31	0.26	1.14	0.10	1.36	1.46	1.07
LOI	11.38	21.69	8.25	8.16	8.46	7.57	8.76
总量	100.12	100.18	100.49	100.05	100.05	100.52	100.25
Mg#	61.8	58.6	61.2	55.5	62.2	61.4	60.42
K ₂ O/Na ₂ O	0.8	1.2	2.8	13.7	16.4	9.2	8.58

测试在中科院广州地球化学研究所同位素年代学和地球化学重点实验室完成,测试人:刘颖,FeO为全铁含量, $\text{Mg}\# = 100 * \text{MgO} / (\text{MgO} + \text{FeO})$

3 V号岩管岩石主量元素地球化学特征

V号岩管岩石的 SiO_2 含量为39.49%~52.65%,平均47.85%,属碱性-超碱性岩,其 SiO_2 的含量与同处扬子地台的镇远、大洪山相当,比西澳钾镁煌斑岩 SiO_2 的含量高(表2)。 MgO 含量为14.46%~18.76%,平均16.12%,虽然相对镇远、大洪山的含量较高,但远比西澳的钾镁煌斑岩中的含量低。可能是由于钾镁煌斑岩的主要造岩矿物橄榄石和金云母发生蚀变,导致 MgO 流失而降低。 MgO 是衡量岩石碱性程度的特征组分,碱性程度越高, MgO 含量越大, SiO_2 的含量与 MgO 的含量呈负相关关系。宁乡V号岩管煌斑岩 MgO 含量低和其 SiO_2 含量较高一致。一般来说,钾镁煌斑岩中 MgO 的含量与金刚石的含矿性也有一定联系,随着 MgO 含量的增高,含金刚石可能性也增大。本区煌斑岩的 $\text{Mg}\#$ 值为:55.5~62.2,平均60.4,与幔源物质的值相一致,扬子地台地区相对于西澳钾镁煌斑岩的 $\text{Mg}\#$ 值都明显偏低,可能与本区的岩浆演化程度较高有关^[6]。

表2 湖南宁乡钾镁煌斑岩与其它地区全岩主量元素成分对比(%)

Table 2 Comparison of whole-rock major elements of lamproites in Ningxiang with those in other districts (%)

	宁乡V号岩管	宁乡I号岩管	大洪山	镇远	西澳
SiO_2	47.85	45.87	44.36	43.33	41.5±2.15
TiO_2	2.45	2.04	3.47	3.47	3.62±0.44
Al_2O_3	8.83	7.74	9.79	7.96	3.64±0.72
FeO	10.56	6.99	12.51	8.64	8.10±0.62
MnO	0.16	0.18	0.15	0.09	0.13±0.02
MgO	16.12	15.52	9.79	11.23	25.00±1.40
CaO	3.66	6.27	9.04	9.35	4.99±1.03
Na_2O	0.08	0.53	0.85	0.13	0.46±0.22
K_2O	0.71	1.91	4.08	3.98	4.12±1.11
P_2O_5	1.07	0.65	0.91	0.94	1.68±0.59
$\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$	8.58	6.51	4.80	30.62	8.96
$\text{Mg}\#$	60.4	45.87	43.90	56.52	75.53

FeO 为全铁含量。宁乡V号岩管数据为本文所测数据的平均值;宁乡I号岩管数据,据文献[4];大洪山数据,据文献[8];镇远数据,据文献[9];西澳数据,据文献[10]。

TiO_2 含量为0.67%~3.71%,平均2.45%,比其它地区钾镁煌斑岩的含量低。 TiO_2 主要来自岩石中的钛金云母、金红石和锐钛矿,V号岩管全岩分析 TiO_2 含量低与宁乡的钾镁煌斑岩中的含Ti矿物相对较少相一致。

MnO 是钾镁煌斑岩中分布较少的稳定组分之一,V号岩管的 MnO 含量在几个地区中是较高的,但 MnO 的含量过高常不利于钾镁煌斑岩金刚石成矿^[7]。

K_2O 含量为0.05%~1.44%,平均0.71%, Na_2O 的含量为0.06%~0.09%,平均0.08%,均远远低于其它地区的含量,但 $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ 的平均值达到8.58,与西澳钾镁煌斑岩的 $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ 比值相当,有2个样品 $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ 的比值小于3,可能与岩石矿物的蚀变及风化有一定关系。 K_2O 主要来自钛金云母、白榴石、透长石等含钾矿物,而这些矿物较易受蚀变

交代的影响,从而使K₂O含量明显减少。

Mitchell 和 Bergman^[11,12]认为钾镁煌斑岩的化学障(chemical screen)成分范围为SiO₂: 35%~55%, TiO₂: 1%~7%, Al₂O₃: 4%~10%, TFeO: 1%~10%, CaO: 2%~10%, K₂O: 5%~10%, Na₂O: 0.2%~1.5%, P₂O₅: 0.5%~2.0%。V号岩管分析结果显示, V号岩管岩石样品除了K₂O、Na₂O的含量相对较低以外,其它化学成分均符合钾镁煌斑岩的化学成分标准。

从氧化物含量关系图中(图2)可看出, V号岩管岩石中CaO的含量基本随着MgO的增加而增加,具有一定的正相关关系; Al₂O₃、K₂O的含量基本随着MgO含量的增加而逐渐减少,具有明显的负相关关系,这些特征与典型的钾镁煌斑岩的特征相一致。TiO₂含量基本不随Al₂O₃、FeO、MgO的含量的变化而变化,这个特征和宁乡钾镁煌斑岩重砂矿物中较少见到柱红石、钛铁矿、钙钛矿等含钛高的矿物特征一致。在Al₂O₃-TFeO-MgO关系图(图3) V号岩管煌斑岩含量投影点落入典型的钾镁煌斑岩区域,表明其可以确定为钾镁煌斑岩^[12]。

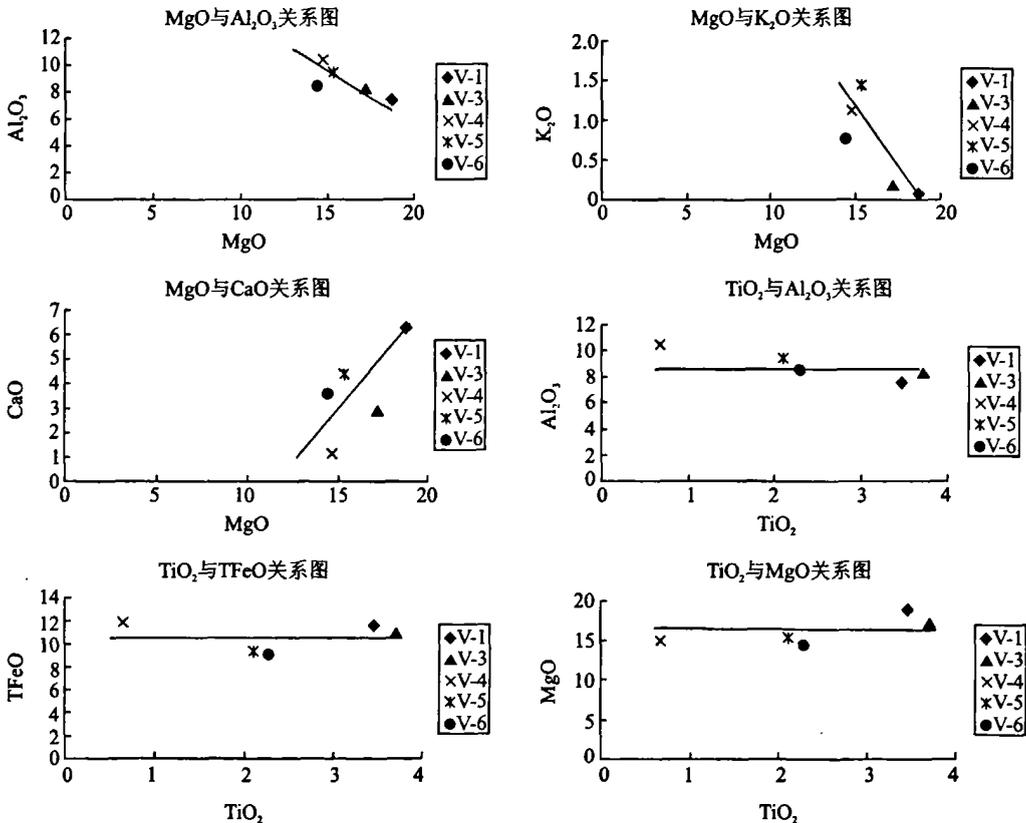
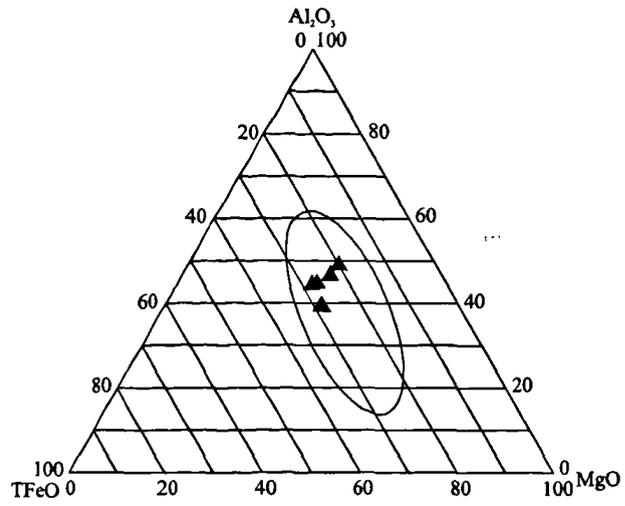


图2 湖南宁乡V号岩管煌斑岩各种氧化物相关关系图

Fig. 2 Correlation diagrams of different oxides of No. 5 pipe-like lamprophyre in Ningxiang, Hunan

V号岩管的岩石化学分析显示,其主量元素化学成分特征基本上与典型的钾镁煌斑岩的成分特征一致^[8,9]。与文献[4]所分析的宁乡I、II号岩管钾镁煌斑岩相比, V号岩管岩石

除 K_2O 、 Na_2O 、 CaO 含量稍低外,其它成分基本一致,可以认为是相同来源的产物。但与典型含金刚石的钾镁煌斑岩相比,其 SiO_2 、 Al_2O_3 、 MnO 的含量较高, MgO 、 TiO_2 、 K_2O 含量较低,这可能与钾镁煌斑岩的岩浆来源及演化过程有关。相对于金伯利岩,钾镁煌斑岩含矿性的定量性研究程度较低,Bergman^[12]对含金刚石的钾镁煌斑岩进行对比分析后认为橄榄钾镁煌斑岩的金刚石含矿性好,而石榴石钾镁煌斑岩一般不含金刚石或含矿性很低。也就是钾镁煌斑岩中随着 MgO 含量的增高,含金刚石的含矿性也增大。此外,钾镁煌斑岩中金刚石含矿性的



▲ V 号岩管煌斑岩样品,椭圆实线区域代表典型钾镁煌斑岩区
图3 宁乡V号岩管煌斑岩的 Al_2O_3 -TFeO-MgO关系图(据文献[12])

Fig. 3 Al_2O_3 -TFeO-MgO diagram of No. 5 pipe-like lamprophyre in Ningxiang

大小与其超基性程度呈正比关系,表现为较低的 SiO_2/MgO 比值及较低的酸度等数值。

4 V号岩管岩石部分微量元素地球化学特征

利用X-荧光光谱仪测试主量元素同时进行了部分微量元素的测试(表3)。除去蚀变非常明显的V-2样品,宁乡V号岩管煌斑岩(5个样品)相容微量元素Cr为 $(80\sim 1112)\times 10^{-6}$,平均 451×10^{-6} ;Ni为 $(121\sim 640)\times 10^{-6}$,平均 319×10^{-6} ;V为 $(86\sim 153)\times 10^{-6}$,平均 121×10^{-6} ;Zn为 $(57\sim 116)\times 10^{-6}$,平均 88×10^{-6} ;不相容元素Ba为 $(92\sim 890)\times 10^{-6}$,平

表3 湖南宁乡V号岩管煌斑岩及其它地区部分微量元素数据对比($\times 10^{-6}$)

Table 3 Comparison of trace elements of No. 5 pipe-like lamprophyre in Ningxiang with those in other districts ($\times 10^{-6}$)

	V-1	V-3	V-4	V-5	V-6	宁乡V号岩管	大洪山	镇远	西澳
V	153	167	88	110	86	121	-	27-37	85±8
Cr	1 112	644	80	203	214	451	258	157-368	1 006±146
Ni	640	475	121	178	184	320	228	183-550	1 004±138
Zn	116	87	116	64	57	88	-	-	71±9
Rb	<20	<20	<20	<20	<20	<20	60	300	479±112
Sr	420	439	32	318	<20	<246	1067	700	1 312±173
Y	31	28	16	38	41	27	31	-	16±4
Zr	479	469	165	509	522	429	516	250-1 000	1 133±268
Nb	92	108	14	44	46	61	166	150-300	184±35
Ba	186	890	482	424	92	415	2485	3 500-5 000	10 334±5 500

宁乡V号岩管数据则为本文所测V号岩管5个样品数据的平均值;大洪山数据,据文献[8];镇远数据,据文献[9];西澳数据,据文献[10]。

均 415×10^{-6} ; Sr 为 $(20 \sim 420) \times 10^{-6}$, 平均 246×10^{-6} ; Nb 为 $(14 \sim 108) \times 10^{-6}$, 平均 61×10^{-6} ; Zr 为 $(165 \sim 522) \times 10^{-6}$, 平均 429×10^{-6} ; Rb $< 20 \times 10^{-6}$ 。

在地幔矿物相中, Cr、Ni 为亲铁元素, 主要赋存于石榴石、尖晶石、橄榄石及斜方辉石等矿物中; V 为亲石元素, Zn 为亲铜元素, V、Zn 主要赋存于单斜辉石中。当地幔发生部分熔融时, 单斜辉石比其它地幔矿物相容易发生熔融作用, 因此富含 Cr、Ni 的矿物相作为残留相保留下来, 而富含 V、Zn 的单斜辉石则较易被熔融成为液相熔体。Mitchell^[13]运用相容元素地幔岩标准化图解来对比衍生于地幔中不同岩石类型地幔源亏损和富集的大致情况。研究表明, 在部分熔融程度相似的情况下, 这些地幔岩的相容元素分配模式相似, 且相容元素含量的不同, 可代表地幔源的富集(或亏损)程度及岩浆来源深度。与西澳的钾镁煌斑岩相比, 宁乡 V 号岩管煌斑岩相容元素中 Cr、Ni 的含量较为接近, V、Zn 的含量则较高。而和我国的镇远、大洪山的钾镁煌斑岩相比, 则两组数据均较高, 显示出宁乡 V 号岩管煌斑岩源区的亏损程度较低, 或者说演化程度较高。

宁乡 V 号岩管煌斑岩的不相容元素 Rb、Sr、Ba 的含量明显低于西澳、镇远、大洪山的钾镁煌斑岩。Rb、Sr 在自然界中主要呈分散状态存在, 不形成独立矿物, 其结晶化学特点与 K 相似, 因此主要分布在含 K 矿物中, 主要赋存于金云母、长石等矿物; Mitchell^[11]认为, Rb 的含量与岩石蚀变程度有关, 蚀变越强烈则其含量越低。显然, V 号岩管煌斑岩中 K_2O 、CaO 的含量较低和不相容元素 Rb、Sr 的降低是有关的; 而 Ba 主要赋存在柱红石、金云母、透长石等矿物中, 同样 Nb 可与 Ti 之间呈异价类质同象, Nb 常分布于含 Ti 的矿物中, Ba、Nb 含量较低和本地区钾镁煌斑岩中上述两个元素主要赋存矿物相含量较少有关。

5 结论

与典型钾镁煌斑岩相比, 湖南宁乡地区 V 号岩管煌斑岩具有典型的钾镁煌斑岩的特征, 其化学成分基本符合钾镁煌斑岩的化学成分标准, 和过去所分析的宁乡 I、II 号岩管钾镁煌斑岩基本相似; 与西澳典型含金刚石钾镁煌斑岩相比, 其 SiO_2 、 Al_2O_3 、MnO 的含量较高, MgO 、 TiO_2 、 K_2O 含量较低, 这可能与钾镁煌斑岩的岩浆来源及演化过程有关, 显示其地幔源区来源相对于西澳钾镁煌斑岩的源区较为富集。但是岩石蚀变可能会对上述结论造成一定的影响, 更为确切的结论要有待今后更多的研究才能证实。

参考文献

- [1] 马文运. 沅江流域宝石级金刚石砂矿特征[J]. 湖南地质, 1989, 8(1).
- [2] 李荣清. 湖南金刚石原生矿找矿研究的现状与展望[J]. 矿床地质, 1996, 15(增刊).
- [3] 刘观亮, 张自超, 李志昌, 等. 湖南宁乡钾镁煌斑岩中火山微球粒的初步研究[J]. 岩石矿物学杂志, 1995, (3).
- [4] 李子云, 马文运. 宁乡县云影窝含金刚石镁煌斑岩地质特征[J]. 湖南地质, 1993(4).
- [5] 饶家荣, 王纪恒, 曹一中. 湖南深部构造[J]. 湖南地质, 1993(增刊7).
- [6] Scott Smith B. H., Skinner E. M. W., Loney. P. E. The Kapamba lamproites of the Luangwa valley, eastern Zambia[J]. Proceedings of the Fourth International Kimberlite Conference. Geological Society of Australia Special Publication, 1989, 14(I).
- [7] 张文宽, 杨本锦. 钾镁煌斑岩型金刚石矿床的岩石化学特征及其找矿意义[J]. 地质地球化学, 1987

(10).

- [8] 叶德隆,王群,杨金香,等. 湖北大洪山南段的金伯利岩和钾镁煌斑岩[J]. 地质科技情报,1991(1).
- [9] 罗会文,杨光树. 贵州省镇远地区钾镁煌斑岩岩石特征[J]. 岩石矿物学杂志,1989(2).
- [10] Jaques A L, Lewis J D, Smith C B. The kimberlitic and lamproitic rocks of Western Australia[J], Geol Surv West Aust Bull,1986(132).
- [11] Mitchell R. H. Petrology of lamproites[M]. New York: Plenum Press,1991.
- [12] Bergman S. C., Lamproites and other potassium-rich igneous rocks: a review of their occurrence, mineralogy and geochemistry[J]. Geological Society, Special Publication, 1987, 30.
- [13] Mitchell R. H. Kimberlites: petrology, mineralogy and geochemistry [M]. Plenum Press,1986.

Lithochemical characteristics of No. 5 pipe-like lamprophyre in Ningxiang, Hunan province

LIN Wei-peng^{1,2}, QIU Zhi-li², LI Zi-yun³, CHEN Bing-hui²,
LI Liu-fen², GONG Sheng-wei⁴

(1. *Guangdong Institute of Geological & Mining Organization for Non-Ferrous Metals, Guangzhou, 510080, China*)

(2. *Department of Earth Sciences, Sun Yat-sen University, Guangzhou, 510275, China*)

(3. *No. 413 Geological Brigade, Hunan Geology & Mining Bureau, Changde, 415000, China*)

(4. *Guangzhou Entry-Exit Inspections and Quarantine Bureau, Guangzhou, 510623, China*)

Abstract

Lamproite in Ningxiang, Hunan province, is one of the main clues for prospecting original diamond deposits in Hunan. In this paper, according to the lithochemical analysis of the No. 5 pipe-like lamprophyre in Ningxiang and the compare with lamproites in other districts, it is believed that the characteristics of the No. 5 pipe-like lamprophyre are similar to those of the other lamproites in Ningxiang which have been researched and identified as a kind of lamproite by predecessors. Compared with typical diamondiferous lamproites in Western Australia, the contents of SiO_2 , Al_2O_3 and MnO are higher and MgO , TiO_2 and K_2O are lower in the No. 5 pipe-like lamprophyre in Ningxiang, which may be related with the magma source and evolutionary process, showing that the mantle source of lamproite in Ningxiang is more enriched than that in Western Australia.

Key words: lamprophyre; lithochemical; Ningxiang; Hunan province