

# 湖南宁乡钾镁煌斑岩及相关岩石重砂锆石地球化学特征、U-Pb 年龄及其地质意义\*

林玮鹏<sup>1,2</sup>, 丘志力<sup>1</sup>, 董斌<sup>3</sup>, 梁伟章<sup>4</sup>, 陈华<sup>5</sup>,  
李子云<sup>3</sup>, 陈炳辉<sup>1</sup>, 李榴芬<sup>1</sup>

- (1. 中山大学地球科学系, 广东 广州 510275;
2. 广东省有色金属地质勘查局地质勘查研究院, 广东 广州 510080;
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, 广东 广州 510235;
5. 国土资源部珠宝首饰管理中心, 北京 100013)

**摘要:** 对湖南宁乡等地多个含有金刚石的钾镁煌斑岩及相关岩石的重砂矿物进行了分离, 利用电子探针、阴极发光图像及 LA-ICPMS 等对其中的锆石进行了主微量元素成分、内部结构及 U-Pb 同位素年龄的分析。结果表明, 不同地点钾镁煌斑岩重砂锆石的地球化学特征具有一定相似性; 与钾镁煌斑岩有关锆石的 U-Pb 年龄显示研究区的岩浆活动具有多期的特点, 其中宁乡 I 号及 III 号岩管钾镁煌斑岩 4 颗重砂锆石的<sup>206</sup>Pb/<sup>238</sup>U<sup>测</sup> 平均年龄为 (101.6 ± 5.1) Ma, 显示出较为年轻的特点, 但石门上五通地区白垩系红层中也发现具有<sup>207</sup>Pb/<sup>206</sup>Pb 谐和年龄为 (2 008 ± 29) Ma 古老岩浆结晶锆石的存在, 证实该地和金刚石有关火山物质的来源具有复杂性。

**关键词:** 钾镁煌斑岩; 重砂矿物; 锆石; 微量元素; U-Pb 年龄; 湖南宁乡

**中图分类号:** P597 **文献标志码:** A **文章编号:** 0529-6579 (2011) 03-0105-07

## Geochemistry and U-Pb Dating of Heavy Mineral Zircons and Their Significance in Lamproites and Associated Rocks from Ningxiang, Hunan Province

LIN Weipeng<sup>1,2</sup>, QIU Zhili<sup>1</sup>, DONG Bin<sup>3</sup>, LIANG Weizhang<sup>4</sup>,  
CHEN Hua<sup>5</sup>, LI Ziyun<sup>3</sup>, CHEN Binghui<sup>1</sup>, LI Liufen<sup>1</sup>

- (1. Department of Earth Sciences, Sun Yat-sen University, Guangzhou 510275, China;
2. Guangdong Institute of Nonferrous Metal Geology, Guangzhou 510008, China;
3. Team 413, Geology and Deposit Survey Bureau, Changde 415000, China;
4. Guangzhou Entry-Exit Inspection & Quarantine Bureau, Guangzhou 510235, China;
5. National Gems and Jewelry Technology Administrative Center, Beijing 100013, China)

**Abstract:** Heavy mineral zircons were separated from diamondiferous lamproites and their associated rocks in Ningxiang and nearby area, Hunan province, and their main and trace element compositions, interior structure and the U-Pb isotopic ages were obtained with EPMA, cathodoluminescence microscope and LA-ICPMS measurement. The zircons in lamproites from different locations generally have similar geochemical characteristics. The U-Pb dating of zircons suggests that the lamproites were probably formed during multi-stages. A young age of (101.6 ± 5.1) Ma was obtained on four zircon samples from No. 1

\* 收稿日期: 2010-12-03

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (40673039), 国家质检总局科研基金资助项目 (2007IK006) 和国土资源部公益性行业科研基金资助项目 (200811012)

作者简介: 林玮鹏 (1982 年生), 男, 工程师; 通讯作者: 丘志力; E-mail: qiuzhili@mail.sysu.edu.cn

and No. 3 pipe lamproites. The zircon collected from the Cretaceous red strata in Shangwutong area has a concordant  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  age of  $(2\,008 \pm 29)$  Ma. These results cannot specifically determine the source rocks of diamond in the study area.

**Key words:** lamproite; zircon trace-element; U-Pb dating age; heavy mineral; Ningxiang of Hunan

湖南沅水地区是我国最早的金金刚石开采地,同时也是我国优质金金刚石最主要的砂矿源区。虽然在扬子地台的多个地点发现了含金金刚石的钾镁煌斑岩<sup>[1-3]</sup>,但至今仍未在扬子地台范围发现砂矿金金刚石确切的原生来源。20世纪90年代在湖南宁乡等地相继发现含微粒金金刚石的钾镁煌斑岩后,在湖南寻找原生金金刚石矿床的前景再次引起地学界的关注。前人曾对宁乡钾镁煌斑岩全岩进行了Rb-Sr等时线年龄和Sm-Nd等时线年龄的测定,获得了加里东时期(328, 345 Ma)湖南曾有钾镁煌斑岩岩浆活动的证据<sup>[2]</sup>;但对湖南钾镁煌斑岩的锆石及野外观察显示,宁乡钾镁煌斑岩的活动可能是多期次的<sup>[3-4]</sup>。

锆石作为研究壳幔岩石演化过程重要的矿物地球化学探针,抗风化且具有非常高的稳定性,即使经历后期多次事件后仍有保存<sup>[5]</sup>;锆石普遍含Pb低,富含U、Th,其U-Pb体系封闭温度可达到900℃<sup>[6-7]</sup>,是目前已知矿物同位素体系中封闭温度较高的,因而是确定岩浆岩结晶年龄的理想对象。结合锆石的阴极发光图像、锆石微区U-Pb年龄测定、锆石微量元素及锆石微区Hf同位素综合分析,可以为锆石的成因演化及其寄主岩的成因类型提供重要依据<sup>[8-10]</sup>。本文在前人工作基础上,对湖南宁乡、常德等地的钾镁煌斑岩及含有金金刚石的相关岩石的重砂矿物进行了分离,利用电子探针、阴极发光图像及LA-ICPMS等现代测试技术对其中的锆石进行主、微量元素成分、内部结构特征及U-Pb同位素地球化学研究。

## 1 地质背景

宁乡位于湖南省中东北部,钾镁煌斑岩群产于扬子板块与华南板块的边界断裂附近,即桃江-城步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区附近(如图1)。分布区断裂构造发育,断裂构造以NE向为主,规模较大;其次为NW、NNE向和近NS向断裂,断裂伴生挤压破碎带。钾镁煌斑岩群出露地层主要有上元古界板溪群、震旦系、泥盆系、第三系,岩体的直接围岩是板溪群五强溪组,少数岩体侵入于泥盆系上统锡矿山组,常被第三系地层所覆盖。

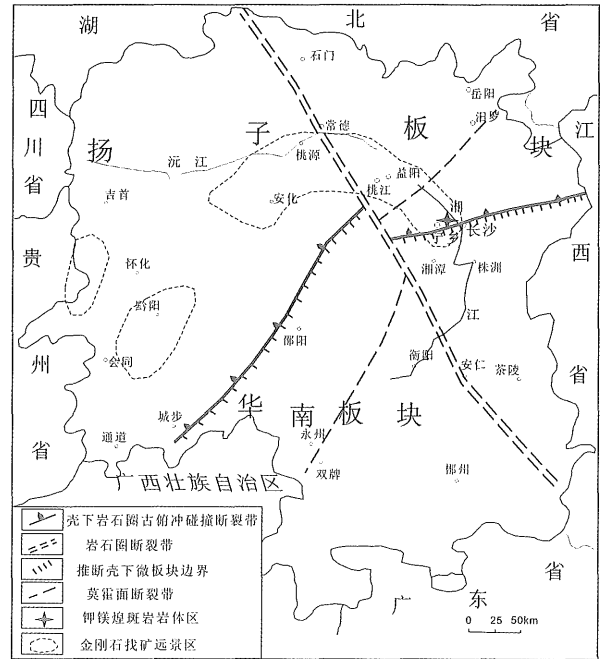


图1 湖南省地质构造简图(据文献[12]改编)

Fig. 1 The sketch map of geologic structure in Hunan province

钾镁煌斑岩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。岩体多成群或狭长带状分布,以岩管或岩脉产出,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。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<sup>[13]</sup>。钾镁煌斑岩地表岩石强烈风化呈土状,颜色为黄褐、棕红、灰绿、灰黑等色。常见有煌斑结构、晶(岩)屑结构、角砾状或块状构造。主要矿物有橄榄石、透长石、金云母,副矿物有石榴石、透辉石、铬铁矿、金红石、钛铁矿、磷灰石、锆石等,有些岩体含有方解石脉,岩石遭受强烈蚀变,主要为碳酸盐化、滑石化、绿泥石化、褐铁矿化、硅化等。岩石薄片观测显示钾镁煌斑岩原生矿物多已风化,大多矿物仅存假象。

常德港二口洞湾地区的钾镁煌斑岩岩体露头出露约13 m,侵入冷家溪群和板溪群中,岩体中穿插有晚期的石英脉体及板状捕虏体。岩体露头风化严重,呈棕黄色,斑状结构,斑晶有金云母、透辉石和橄榄石。岩石蚀变强烈,蚀变后又遭风化作用

后, 野外露头往往由粘土、褐铁矿矿物组成。冷家溪群板岩风化层露头, 具有紫红色粉砂岩和砂岩的新鲜风化面, 可见定向构造, 片理呈东西倾向, 倾角为  $40^\circ$ , 风化层中含有脉石英等矿物。

## 2 样品分析

本文共采集 5 个重砂样, 分别来自宁乡钾镁煌斑岩群 I 号岩管 2 个 (编号 I-1、I-2), III 号岩管 1 个 (III), 常德港二口洞湾钾镁煌斑岩 1 个 (DW), 石门上五通白垩系红层 1 个 (SWT)。每个重砂岩样约 20 kg, 在广州有色金属研究院经过脱泥、淘洗、称重、筛分、缩分、磁选及重液分离等程序, 然后在显微镜下完成分选并挑出锆石。之后, 将锆石置于双面胶上, 再用无色透明的环氧树脂将之固定做成圆饼状样品靶, 待树脂固化后抛光直至露出锆石平面, 用于之后的分析。

锆石电子探针成分分析和阴极发光, 在中国科学院地质与地球物理研究所的法国 Camera SX51 电子探针仪器及其附带的阴极发光探测仪上完成, 分析电压为 50 kV, 电流为 15 nA。锆石微量元素及 U-Pb 年龄在中国地质大学 (武汉) 地质过程与矿产资源国家重点实验室, 利用激光剥蚀-电感耦合等离子体质谱仪 (LA-ICPMS) 测定, 等离子体功率: 1350 W; 激光波长: 193 nm; 激光脉冲频率: 10 Hz; 激光能量:  $> 200$  mJ; 光斑直径:  $44 \mu\text{m}$ ; 分析时采用单点剥蚀方法, 以美国国家标准物质局人工合成硅酸盐玻璃 NIST610 作为外标, 以  $^{29}\text{Si}$  作为内标, 数据选用一个质量峰一点的跳峰方式进行采集。锆石 U-Pb 年龄测定采用国际标准锆石 91500 作为外标校正方法, 每隔 4~5 个样品分析点测一次标准, 在分析 20 次锆石 U、Th 和 Pb 含量的前后均测定 NIST 610, 以保证数据具有可比性。测试结果通过采用 GLITTER 软件计算得出  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ 、 $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ 、 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$  三组同位素比值、年龄及误差, 单个数据点的误差为  $1\sigma$ , 加权平均值的误差为  $2\sigma$ , 年龄计算及谐和图的绘制采用 Ludwig's Isoplot (ver 2.06b) 完成。

本文锆石一般  $150 \sim 400 \mu\text{m}$ , 颜色多样, 大部分透明, 玻璃光泽或油脂光泽。它形-自形, 晶体形态包括短柱状、长柱状、浑圆状等。少数具有较完整的四方双锥或复四方双锥晶形, 其锥面和柱面发育完善, 自形程度较高, 以长柱状为主, 具有不同的长宽比, 反映其可能结晶于岩浆物理化学条件不同的环境<sup>[14]</sup>。大部分锆石阴极发光图像颜色明亮, 具有特征的岩浆振荡环带 (图 2); 少量锆石

没有分带结构, 阴极发光图像较暗。根据锆石的外形及内部结构特征, 可初步判断它们主要为岩浆型锆石<sup>[15-16]</sup>。电子探针成分分析显示锆石成分为,  $\text{SiO}_2$ : 33.197%~34.548%,  $\text{ZrO}_2$ : 63.087%~65.717%,  $\text{HfO}_2$ : 0.56%~1.749%。 $\text{Zr}/\text{Hf}$  值为 37~85, 平均为 51, 与一般的碱性岩成因锆石  $\text{Zr}/\text{Hf}$  值相当<sup>[17]</sup>, 锆石成分特征与起源于地幔深部偏碱性的钾镁煌斑岩一致<sup>[18]</sup>。

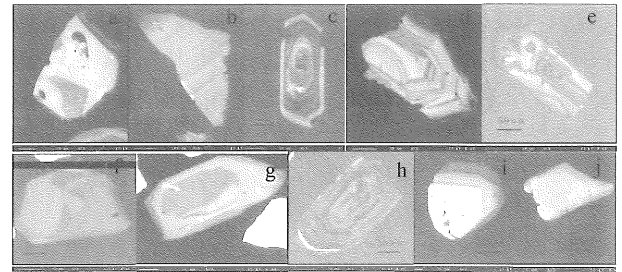


图 2 宁乡 I 号岩管钾镁煌斑岩中锆石的 CL 图像  
Fig. 2 CL image of zircons from No. 1 pipe lamproite in Ningxiang, Hunan

## 3 结果与讨论

### 3.1 锆石稀土及微量元素

对 5 个重砂样品中的 27 颗锆石进行了稀土及微量元素测定, 部分颗粒进行了多点测试。结果表明, 大部分锆石  $\Sigma\text{REE}$  含量与已有的典型钾镁煌斑岩的研究结果相符, 少部分锆石  $\Sigma\text{REE}$  含量则与之相差较大, 可能为其它碱性岩来源或钾镁煌斑岩捕虏的其它围岩锆石, 后者在下面锆石微量元素特征讨论中将不作为钾镁煌斑岩结晶锆石对象进行讨论。宁乡钾镁煌斑岩结晶锆石的主要微量元素: Y 含量变化范围很大 ( $51.79 \sim 14\ 779.92 \mu\text{g}/\text{g}$ );  $\text{Hf} = 0.66\% \sim 1.39\%$ , 平均含量为 1.02%。 $\text{Hf}$  与 Y 之间具有一定的负相关关系,  $(\text{Yb}/\text{Sm})_N = 10 \sim 230$ ,  $\text{Nb}/\text{Ta} = 1.41 \sim 3.77$ , 平均为 2.06;  $\text{U} = 32.44 \sim 1761.14 \mu\text{g}/\text{g}$ , 平均  $227.61 \mu\text{g}/\text{g}$ ;  $\text{Th} = 26.53 \sim 643.71 \mu\text{g}/\text{g}$ , 平均  $156.69 \mu\text{g}/\text{g}$ 。 $\text{Th}/\text{U} = 0.17 \sim 3.24$ , 平均 0.90, 主要集中在  $0.4 \sim 1.0$  之间, 显示出岩浆型锆石的特点。除洞湾 DW-03 样品外, 其他锆石均表现为 LREE 亏损 HREE 富集的稀土配分模式, 以及明显的 Ce 正异常和适度的 Eu 负异常 (图 3), 属于典型的岩浆型锆石的稀土配分模式, 但和大多数幔源金伯利岩锆石有明显区别<sup>[19]</sup>; 属于钾镁煌斑岩结晶锆石的  $\Sigma\text{REE} = 239.22 \sim 894.73 \mu\text{g}/\text{g}$ , 平均为  $583.54 \mu\text{g}/\text{g}$ , 与前

人研究的结果基本一致<sup>[11]</sup>。

图 4 表明, 宁乡钾镁煌斑岩大部分锆石落入西澳典型钾镁煌斑岩锆石的投影区域及附近 (图 4), 只有个别锆石落在部分相关图的区域之外, 表明两地锆石的来源具有一定的相似性。

### 3.2 锆石 U-Pb 年龄

对 5 个重砂样中 11 颗有阴极发光图像及微量元素测试数据的锆石进行了 U-Pb 年龄测定 (表 1) 结果表明, 年龄较新的 6 个锆石样品中, I 和 III 号岩管的 2 个锆石样品 (I-2-Zr-01, III-Zr-05) 具有较高的 U、Th 和  $\Sigma$ REE 含量, 其 U 含量分别为 185 和 472  $\mu\text{g/g}$ , Th 分别为 126 和 257  $\mu\text{g/g}$ , Th/U 值分别为 0.68 和 0.54,  $\Sigma$ REE 含量分别为 691 和 769  $\mu\text{g/g}$ , 而且具有典型的振荡环带结构, 属

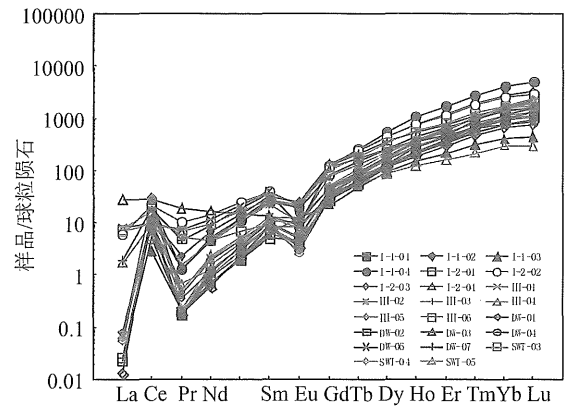


图 3 重砂锆石的稀土元素球粒陨石标准化分布型式图  
Fig. 3 Chondrite-normalized REE patterns for zircons from lamproite in Ningxiang, Hunan (部分锆石由于某些元素的缺失而没有投在图上, 球粒陨石标准化值来自文献 [20])

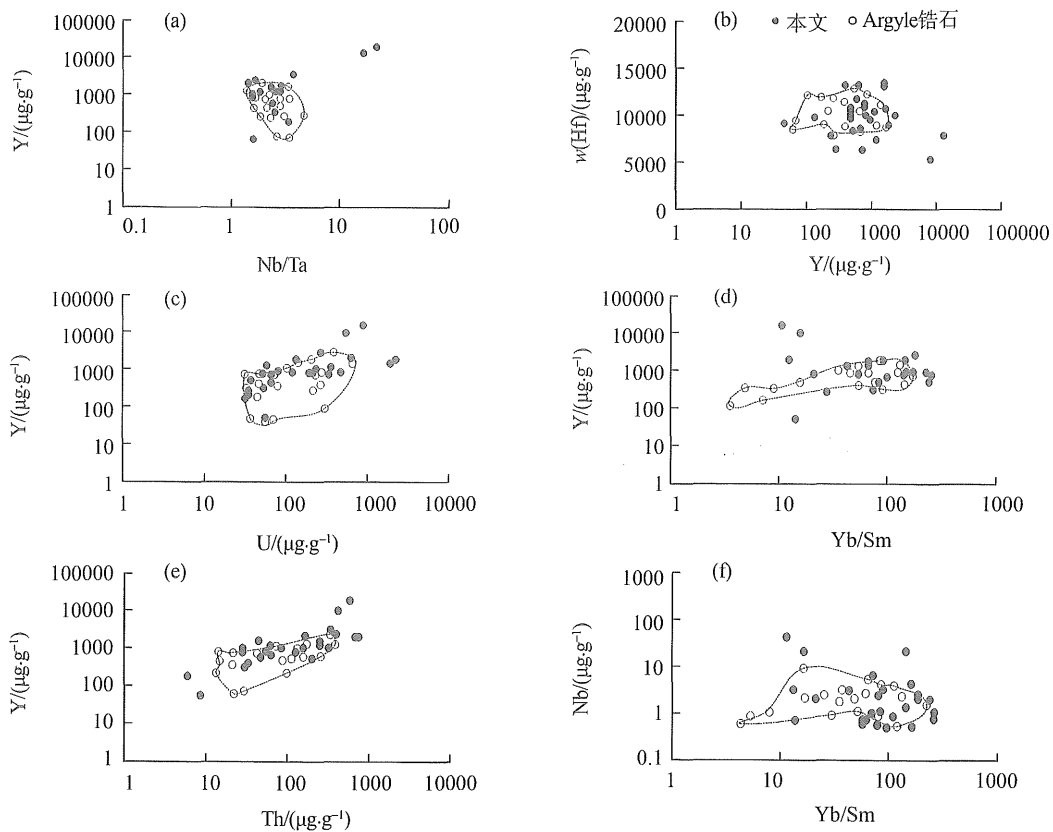


图 4 不同地区钾镁煌斑岩锆石微量元素含量相关图

Fig. 4 Correlation chart of trace elements of zircons in lamproite from different areas

虚线区为西澳 Argyle 钾镁煌斑岩锆石微量元素含量相关性投影区, 数据选自文献 [11]

岩浆锆石, 年龄均为  $104 \pm 1$  Ma, 为燕山中期喷发的岩浆结晶锆石; 另外 4 个锆石样品 U、Th 和  $\Sigma$ REE 含量接近,  $U = 32 \sim 69 \mu\text{g/g}$ ,  $Th = 27 \sim 62 \mu\text{g/g}$ ,  $Th/U = 0.83 \sim 0.90$ ,  $\Sigma$ REE = 416 ~ 533  $\mu\text{g/g}$ , 也是岩浆结晶产物, 但是否和前 2 个样品来源于同一母岩浆还有待研究。6 个锆石样品中有 4 个

样品 (I-1-Zr-01、I-2-Zr-01、III-Zr-03、III-Zr-05) 年龄比较集中,  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$  年龄为 99 ~ 104 Ma 之间, 均落在谐和曲线上, 加权平均年龄为  $101.6 \pm 5.1$  Ma (95% 置信度,  $MSWD = 25$ ), 但来源于 III 号岩管锆石 (III-Zr-02) 年龄则为  $80 \pm 1$  Ma, 属燕山晚期。而洞湾钾镁煌斑岩样品 DW-Zr-01-a 的  $^{206}$

Pb/<sup>238</sup>U 年龄为 102 ± 1 Ma，与加权平均年龄为 101.6 Ma 的一组宁乡钾镁煌斑岩重砂锆石年龄相一致，表明它们为同期岩浆中结晶形成。

中生代印支期的 2 个锆石样，年龄分别为 217 ± 2 Ma (I-2-U-Zr-02) 和 237 ± 3 Ma (DW-Zr-02-b)，根据其微量元素及 CL 图特征判断，它们应该均为岩浆成因。但前者具有较高的 U (1959 μg/g)、Th (717 μg/g) 和 ΣREE (1 312 μg/g) 含量，较低的 Th/U 比值为 0.37；而后者 U = 287 μg/g，Th = 304 μg/g，Th/U = 1.06，ΣREE = 555 μg/g，和前人发现钾镁煌斑岩锆石稀土总量一般不超过 600 ~ 700 μg/g 相一致<sup>[11]</sup>，可能来自钾镁煌斑岩。上述特征显示两颗锆石的母岩来源可能有所不同。印支期是对中国大陆影响广泛而强烈的一次构造运动，和扬子板块与华北板块碰撞结合时间 (220 ~ 240 Ma)<sup>[21]</sup> 明显具有同时性，两颗锆石可能是该区域发生的岩浆活动的产物。对于该时期是否具有钾镁煌斑岩岩浆活动，以此单颗锆石的年龄目前还不足以判断，需作进一步工作的证实。

晚元古代 662 ± 7 Ma (I-2-U-Zr-01) 锆石具有明显的振荡环带结构，较高的 U、Th 和很高的 ΣREE 含量，具有典型岩浆锆石特征，其核心到边缘，微量元素含量逐渐增加，核心和边缘的 U 含量分别为 493 和 787 μg/g，Th 分别为 445 和 576 μg/g，ΣREE 分别为 6 051 和 9 351 μg/g，Th/U 值分别为 0.90 和 0.73，无法确定来源与钾镁煌斑岩的关系；晚元古代 794 ± 8 Ma (SWT-Zr-04)，具有典型的振荡环带结构，其 U、Th 很低，分别为 U (53 μg/g)、Th (43 μg/g)，Th/U 值为 0.82，

ΣREE 含量为 962 μg/g。它们的 3 组年龄明显不一致，呈现 <sup>207</sup>Pb/<sup>206</sup>Pb > <sup>207</sup>Pb/<sup>235</sup>U > <sup>206</sup>Pb/<sup>238</sup>U 的趋势，说明锆石的封闭体系可能受到一定的破坏而导致放射成因 Pb 的丢失<sup>[22]</sup>，因此其 U - Pb 年龄的意义无法讨论。

早元古代锆石 (SWT-U-Zr-01) <sup>207</sup>Pb/<sup>206</sup>Pb 年龄为 2008 ± 29 Ma，属于谐和年龄，3 组年龄在误差范围内基本一致，反映了锆石 U - Pb 封闭良好。其 U、Th 和 ΣREE 含量较低，U = 31 μg/g，Th = 29 μg/g，ΣREE = 202 μg/g，Th/U = 0.94，具振荡环带结构，属于岩浆型锆石，该年龄锆石暗示在石门上五通地区含金刚石的白垩系红层中可能曾出现早元古代岩浆喷发事件，但和金刚石的成因联系暂时还无法评估。

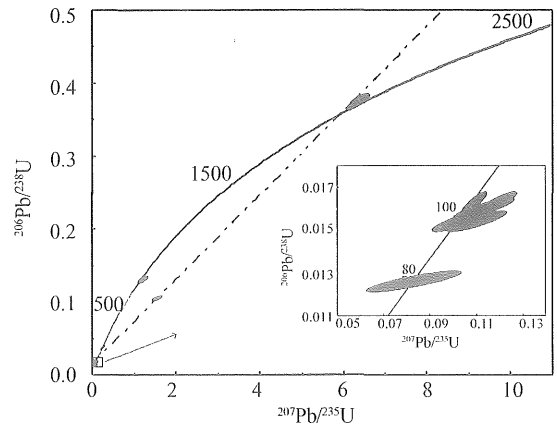


图 5 湖南宁乡钾镁煌斑岩锆石的 U-Pb 谐和曲线图  
Fig. 5 U-Pb concordant diagrams of zircons in lamproite from Ningxiang, Hunan

表 1 锆石的 U - Pb 测年结果  
Table 1 U-Pb isotopic dating data of zircons

采样位置	样品号	<sup>207</sup> Pb/ <sup>206</sup> Pb		<sup>207</sup> Pb/ <sup>235</sup> U		<sup>206</sup> Pb/ <sup>238</sup> U		<sup>207</sup> Pb/ <sup>206</sup> Pb		<sup>207</sup> Pb/ <sup>235</sup> U		<sup>206</sup> Pb/ <sup>238</sup> U	
		Ratio	1σ	Ratio	1σ	Ratio	1σ	Age/Ma	1σ	Age/Ma	1σ	Age/Ma	1σ
I 号岩管	I-1-Zr-01	0.0484	0.0023	0.1029	0.0049	0.0154	0.0002	118	109	100	4	99	1
	I-2-Zr-01	0.0532	0.0015	0.1195	0.0033	0.0163	0.0002	337	63	115	3	104	1
	I-2-U-Zr-01	0.1331	0.0020	1.9853	0.0295	0.1082	0.0012	2 139	25	1111	10	662	7
	I-2-U-Zr-02	0.0488	0.0012	0.2305	0.0057	0.0343	0.0004	137	57	211	5	217	2
III 号岩管	III-Zr-02	0.0480	0.0049	0.0831	0.0084	0.0126	0.0002	99	226	81	8	80	1
	III-Zr-03	0.0519	0.0025	0.1104	0.0053	0.0154	0.0002	279	108	106	5	99	1
	III-Zr-05	0.0487	0.0010	0.1094	0.0022	0.0163	0.0002	133	46	106	2	104	1
洞湾地区	DW-Zr-01-a	0.0515	0.0025	0.1134	0.0054	0.0160	0.0002	261	107	109	5	102	1
	DW-Zr-02-b	0.0534	0.0010	0.2760	0.0053	0.0375	0.0004	345	43	248	4	237	3
上五通地区	SWT-Zr-04	0.0726	0.0014	1.3110	0.0243	0.1311	0.0015	1002	37	851	11	794	8
	SWT-U-Zr-01	0.1236	0.0020	6.3770	0.1053	0.3743	0.0042	2008	29	2029	14	2050	20

### 3.3 锆石 U-Pb 年龄的地质意义

湖南金刚石的分布十分广泛,在震旦系江口组、寒武系、上三叠-侏罗系、白垩系、第三系中均有金刚石的发现,金刚石的指示矿物镁铝榴石、铬铁矿等的分布与震旦系江口组、中生代新老碎屑岩及红层均有关系,而且新、老碎屑岩中的指示矿物具有明显的差异,说明湖南金刚石可能具有多个来源。前寒武纪、古生代及中生代均有可能含有潜在的不同期次的钾镁煌斑岩或其它含金刚石的岩体,湖南地区大面积广泛分布的白垩系陆相红层沉积可能掩盖了一部分未被发现的基底<sup>[23]</sup>。

从区域构造分区的角度,本区出现钾镁煌斑岩的地区属于的扬子板块的边缘<sup>[24]</sup>,在区域构造上受古亚洲-特提斯构造域的控制。文献[23]认为宁乡钾镁煌斑岩喷发年龄主要为加里东时期(主要为全岩 Rb-Sr 和 Sm-Nd 等时线年龄),但本文锆石均没能给出该时期年龄,较老的锆石可能是钾镁煌斑岩的捕虏晶,属于早期岩浆结晶产物,而其中较重要的 I 号及 III 号岩管钾镁煌斑岩岩浆活动可能属于燕山期产物。

本文与钾镁煌斑岩有关锆石的 U-Pb 年龄与 Zheng et al<sup>[4]</sup>对当地重砂锆石<sup>207</sup>Pb/<sup>206</sup>Pb 年龄研究结果(2 980 ~ 525Ma)相比,锆石年龄整体均较年轻,同时缺失古生代加里东期锆石,是由于锆石数量较少代表性不够,还是其他的原因,有待今后工作的进一步核实。但本文重砂岩浆成因锆石<sup>206</sup>Pb/<sup>238</sup>U 年龄具有多组不同的年龄,显示出研究区与钾镁煌斑岩有关的岩浆活动具有多期的特点,其中燕山晚期的岩浆活动年龄和前人对中国东部玄武岩和辉绿岩等基性岩脉所获得的密集年龄区间 103 ~ 110 Ma (K-Ar 和 <sup>40</sup>Ar - <sup>39</sup>Ar 法同位素年龄)具有明显的一致性<sup>[25-26]</sup>,暗示它们可能和中国东部始于中侏罗纪的岩石圈伸展和减薄事件有关<sup>[27]</sup>。

## 4 结 论

1) 湖南宁乡和金刚石有关钾镁煌斑岩及相关岩石重砂锆石的稀土分布模式及微量元素地球化学特征基本相似,并且和与澳大利亚西部 Argyle 钾镁煌斑岩的锆石具有一定的相似性。

2) 5 个重砂样中 11 颗锆石具有多组不同的 U-Pb 年龄,显示出与研究区钾镁煌斑岩相关的岩浆活动具有多期的特点;其中宁乡 I 号及 III 号岩管钾镁煌斑岩 4 个样品落在谐和曲线上,重砂锆石的年龄比较集中,<sup>206</sup>Pb/<sup>238</sup>U 年龄加权平均年龄为 101.6 ± 5.1Ma,和前人对扬子地台玄武岩和辉绿

岩等基性脉岩所获得的 U-Pb 年龄一致,应为燕山晚期岩石圈伸展岩浆活动产物。

3) 石门上五通地区含金刚石白垩系红层样品中发现一个具振荡环带, Th/U 值为 0.94,具有 2008 ± 29 Ma<sup>207</sup>Pb/<sup>206</sup>Pb 谐和年龄的古老的早元古代岩浆锆石,证实湖南宁乡附近与金刚石有关的火山物质来源的复杂性。

致谢:感谢 413 队马文运总工的野外工作和梁冬云高级工程师的重砂分选工作的帮助,感谢吴福元教授和刘勇胜教授对样品分析工作的指导和帮助,硕士研究生张莉莉等参加了野外工作。

### 参考文献:

- [1] 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):97-109.
- [2] 刘观亮,汪雄武,吕学森. 湖北大洪山地区钾镁煌斑岩岩石学、矿物学特征及含矿性研究[M]. 北京:地质出版社,1993.
- [3] 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,1993,12(4):221-225.
- [4] ZHENG J P, GRIFFIN W L, O' REILLY S Y, et al. Widespread Archean basement beneath the Yangtze craton [J]. *Geology*, 2006,7:417-420.
- [5] 谢桂青,胡瑞忠,蒋国豪,等. 锆石的成因和 U-Pb 同位素定年的某些进展[J]. 地质地球化学,2001,29(4):64-70.
- [6] LEE J, WILLIAMS L, ELLIS D. Pb, U and Th diffusion in nature zircon[J]. *Nature*, 1997,390(13):159-162.
- [7] CHERNIAK D J, WATSON E B. Pb diffusion in zircon [J]. *Chemical Geology*, 2000,172:5-24.
- [8] GRIFFIN W L, PEARSON N J, BELOUSOVA E A, et al. The Hf isotope composition of cratonic mantle: LAM-MC-ICPMS analysis of zircon megacrysts in kimberlites [J]. *Geochim Cosmochim Acta*, 2000, 64:133-147.
- [9] 吴元保,郑永飞. 锆石成因矿物学研究及其对 U-Pb 年龄解释的制约[J]. 科学通报,2004,49(16):1589-1604.
- [10] 钟玉芳,马昌前,余振兵. 锆石地球化学特征及地质应用研究综述[J]. 地质科技情报,2006,25(1):27-40.
- [11] BELOUSOVA E A, GRIFFIN W L, O' REILLY S Y, et al. Igneous zircon: trace element composition as an indicator of source rock type[J]. *Contribution to Mineralogy and Petrology*, 2002,143(5):602-622.
- [12] 饶家荣. 湖南原生金刚石矿深部构造地质背景及成矿预测[J]. 湖南地质,1999,18(1):21-28.
- [13] 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,

- 14(3):242-251.
- [14] 汪相. 锆石形态的定量描述及其动力学分析[J]. 中国科学 D 辑, 1998, 28(3):232-238.
- [15] VAVRA G. A guide to quantitative morphology of accessory zircon[J]. Chem Geol, 1993, 93:15-28
- [16] CROFU F, HANCHAR J M, HOSKIN P W O, et al. Atlas of zircon textures[J]. Reviews in Mineralogy and Geochemistry, 2003, 53:469-495
- [17] 丘志力, 龚盛玮, 于庆媛, 等. 福建明溪锆石巨晶中的斜锆石、锆石矿物包裹体及其成因启示[J]. 中山大学学报: 自然科学版, 2004, 43(6):135-139.
- [18] 银剑钊. 初论金刚石原生矿床成矿系列[J]. 地球科学-中国地质大学学报, 2000, 25(4):380-383.
- [19] 钟玉芳, 马昌前. 含 U 副矿物的地质年代学研究综述[J], 地球科学进展, 2006, 21(4):372-382.
- [20] TAYLOR S R, McLENNAN S M. The continental crust: Its composition and evolution [M]. USA: Blackwell Scientific Publications, 1985
- [21] LI S, XIAO Y, LIU D, et al. Collision of the north China and Yangtse blocks and formation of coesite-bearing eclogites: Timing and processes[J]. Chem Geol, 1993, 109:89-111.
- [22] 赖冬梅. 锆石 U\_Pb 年龄不一致原因浅析[J]. 四川有色金属, 2004, (2):12-18.
- [23] 湖南省 413 地质队. 湖南金刚石原生矿预测研究报告[R], 1990.
- [24] 舒良树, 周新民, 邓平, 等. 中国东南部中生代盆地特征与构造演化[J]. 地质通报, 2004, 23(9-10):876-884.
- [25] LI X H, McCULLOCH M T. Geochemical characteristics of Cretaceous mafic dikes from northern Guangdong, SE China: Age, origin and tectonic significance[J]. Geodynamics, 1998, 27:405-419
- [26] 谢桂青, 毛景文; 胡瑞忠, 等. 中国东南部中-新生代地球动力学背景若干问题的探讨[J]. 地质论评, 2005, 51(6):613-619
- [27] 范蔚茗, 王岳军, 郭峰, 等. 湘赣地区中生代镁铁质岩浆作用与岩石圈伸展[J]. 地学前缘, 2003, 10(3):159-169.

(上接第 104 页)

#### 参考文献:

- [1] 黄汉昌, 张艾, 姜招峰. 槐米中芦丁的提取及其与人血清蛋白荧光光谱研究[J]. 北京联合大学学报: 自然科学版, 2008, 22(4):11-14.
- [2] 杨虹琦, 周冀衡, 邵岩, 等. 不同产地烤烟叶中绿原酸和芸香苷的含量分析[J]. 天然产物研究与开发, 2006, 18(4):670-673.
- [3] 李力, 杨涓, 戴亚, 等. 烤烟中绿原酸、萜萜亭和芸香苷的分布研究[J]. 中国烟草学报, 2008, 14(4):13-17.
- [4] 李培凡, 张韵慧, 肖莉, 等. RP-HPLC 法测定不同产地槐米中芦丁[J]. 中草药, 2006, 37(9):1419-1420.
- [5] 初秀成, 赵基洪, 柴杨, 等. 水稻与异科植物月见草远缘杂交[J]. 农业生物技术学报, 2008, 16(2):320-325.
- [6] 宋锡全, 夏光敏, 周爱芬, 等. 葡萄与柴胡科间体细胞杂交再生杂种植株[J]. 科学通报, 1999, 44(17):1832-1836.
- [7] 魏克强, 杨俊仙, 魏治中. 新型烟草化学成分及医药成分的初步分析[J]. 天然产物研究与开发, 2008, 20(4):652-656.
- [8] 魏治中, 魏克强. 烟草远缘杂交育种[M]. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2008:53-58.