

<http://www.geojournals.cn/georev/ch/index.aspx>

广西鹰扬关群基性火山岩的锆石 U-Pb 年龄 及其地质意义

周汉文^{1,2)} 李献华²⁾ 王汉荣³⁾ 李江³⁾ 李惠民⁴⁾

1) 中国地质大学地球科学学院, 武汉, 430074; 2) 中国科学院广州地球化学研究所, 510640

3) 广西区域地质调查院, 桂林, 541003; 4) 中国地质调查局天津地质矿产研究所, 300170

内容提要 TIMS 锆石 U-Pb 定年结果表明, 广西贺州下龙地区鹰扬关群浅变质基性火山岩形成于 819 ± 11 Ma, 表明鹰扬关群火山岩是华南新元古代裂谷盆地中最早的火山活动, 并确定了华南震旦系的底界年龄为 819 ± 11 Ma。桂北地区震旦纪裂谷盆地底部火山岩与其不整合覆盖的花岗岩的年龄非常接近, 表明区域在约 820 Ma 经历了非常快速的大规模地壳抬升、去顶和裂谷盆地沉降, 支持华南约 825 Ma 地幔柱模式。

关键词 基性火山岩 锆石 U-Pb 年龄 鹰扬关群 广西

鹰扬关群出露于湘粤桂三省交界地区, 大部分出露在广西境内。鹰扬关群以海底火山喷发沉积细碧-角斑岩、角斑岩及相关的火山碎屑岩为主, 含有细碎屑岩和碳酸盐岩组合, 显示海相火山-沉积岩系的特征。虽然鹰扬关群的细碧角斑岩一直被认为是震旦纪火山活动的产物, 但是到目前为止, 还没有可靠的年代学资料。本文将报道鹰扬关群火山岩的锆石 U-Pb 定年结果, 并讨论其地质意义。

1 地质背景及样品

鹰扬关群为一套浅变质海相火山-沉积岩系, 下部为浅变质的含砾砂泥质岩与砂泥质岩互层; 中部为细碧岩-角斑岩和同类火山碎屑岩夹白云岩、片岩、硅质岩; 上部为千枚岩、板岩, 含磷、铁, 底部多碳酸盐岩, 顶部局部有数米厚的含砾砂岩, 出露厚度 2600 m, 标准剖面在鹰扬关西南约 6 km 的下龙村附近。图1为贺州下龙鹰扬关群剖面, 下不见底, 往上逐渐过渡到寒武系。研究的样品采自下龙村附近。

鹰扬关细碧角斑岩呈块状产出, 可见气孔构造、杏仁构造和枕状构造, 表明是水下喷发的产物。岩石遭受浅变质改造, 但还可以观察到变余的斜长石斑晶以及斜长石微晶无定向的排列所显示的火成结构。变质的矿物组合是: 钠长石+绿帘石+绿泥石+阳起石+石英+磁铁矿, 有的样品可见绿色的黑云

母。钠长石可以是变斑晶, 也在基质中出现。变余的矿物主要是斜长石。变质矿物组合说明是绿片岩相的变质条件。岩石变形弱, 岩石碳酸盐化比较普遍, 在岩石中存在细小的方解石脉体。用以分离锆石的样品约 10 kg, 杏仁构造不发育, 碳酸盐化弱, 岩石中岩浆结晶结构保留较好, 大量的斜长石微晶, 含有黑云母, 钠长石相对较少。锆石用常规的浮选和电磁选方法进行分选, 在双目镜下挑选出晶型完好、具代表性的锆石颗粒。岩石中锆石的类型较为单一, 主要是浅紫色透明短柱状晶体, 自形程度较好, 长宽比约为 2, 极少数为不规则粒状晶体。岩石的岩浆结构和自形的锆石形态特征, 说明锆石是岩浆结晶的产物。

2 分析方法

采用微量锆石定年技术对锆石样品进行年代测定, Pb 和 U 同位素比值测定在天津地质矿产研究所完成, 其化学流程和利用的 ^{205}Pb - ^{235}U 混合稀释剂同 Krogh (1973), Pb 和 U 同位素比值用 VG-354 热电离质谱测定。Pb 和 U 的全流程本底分别为 $\text{Pb} = 0.05 \text{ ng}$ 及 $\text{U} = 0.002 \text{ ng}$ 。详细的分析方法见李惠民等 (1997)。

3 结果

对样品中的 7 个锆石组分进行了 U-Pb 同位素

注: 本文为国家杰出青年科学基金 (编号 49725309) 和国家自然科学基金重点项目 (编号 40032010-B) 资助成果。

收稿日期: 2002-03-26; 改回日期: 2002-05-22; 责任编辑: 周健。

作者简介: 周汉文, 男, 1964年生。现为中国地质大学地球科学学院教授, 从事造山带岩石学研究。通讯地址: 430074, 武汉, 中国地质大学地球科学学院。

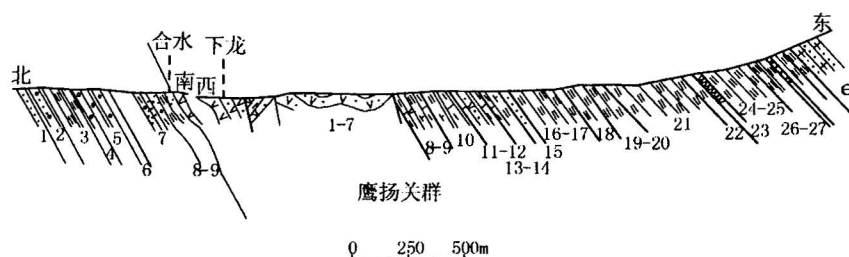


图1 广西贺州下龙鹰扬关群剖面

Fig. 1 Profile of the Yingyangguan Group in the Xialong Village, Hezhou County, Guangxi

合水以北为长安组, 岩性为: 1—浅变质砂岩; 2—浅变质含砾砂岩; 3—绢云板岩; 4—浅变质砾岩; 5—含砾板岩; 6—板岩; 7—变质含砾细砂岩; 8—千枚岩; 9—变质细粒砂岩。鹰扬关群, 岩性为: 1—7—浅变质基性火山岩; 8—10、13—14—钙质页岩; 11—12—板岩及浅变质砂岩。鹰扬关群以东为拱洞组, 岩性为: 15—浅变质砂岩; 16—27—绢云板岩

Changan Formation: northern of Heshui in the profile, the rock types are as follows, 1—low grade metamorphosed sandstone; 2—low grade metamorphosed gravel-containing sandstone; 3—sericite slate; 4—low grade metamorphosed gravel; 5—gravel-containing slate; 6—slate; 7—metamorphosed gravel-containing fine grain sandstone; 8—phyllite; 9—metamorphosed fine grain sandstone. Yingyangguan Group: the rock types are as follows, 1—7—low grade metamorphosed basic volcanic rocks; 8—10, 13—14—calcareous shale; 11—12—slate and low grade metamorphosed sandstone. Gongdong Formation: eastern of Yingyangguan Group in the profile, the rock types are as follows, 15—low grade metamorphosed sandstone; 16—27—sericite slate

表1 广西鹰扬关基性火山岩锆石 U-Pb 同位素地质年龄测定结果

Table 1 TIMS U-Pb zircon data for the Yingyangguan metamorphic basic volcanic rock in Guangxi

点号	样品情况 锆石特征	重量 (μg)	浓度		样品中普通铅含量 (ng)	同位素原子比率 ^①					表面年龄 (Ma)		
			U ($\mu\text{g/g}$)	Pb ($\mu\text{g/g}$)		$\frac{^{206}\text{Pb}}{^{204}\text{Pb}}$	$\frac{^{208}\text{Pb}}{^{206}\text{Pb}}$	$\frac{^{206}\text{Pb}}{^{238}\text{U}}$	$\frac{^{207}\text{Pb}}{^{235}\text{U}}$	$\frac{^{207}\text{Pb}}{^{206}\text{Pb}}$	$\frac{^{206}\text{Pb}}{^{238}\text{Pb}}$	$\frac{^{207}\text{Pb}}{^{235}\text{Pb}}$	$\frac{^{207}\text{Pb}}{^{206}\text{Pb}}$
1	浅紫红色透明短柱状晶体	15	160	24	0.022	923	0.1451	0.1353 ± 0.0030	0.242 ± 0.0036	0.06659 ± 0.00109	818	820	825
2	浅紫红色透明短柱状晶体	10	187	28	0.015	1051	0.1741	0.1353 ± 0.0038	0.1238 ± 0.0046	0.06640 ± 0.00139	818	818	819
3	浅紫红色透明不规则粒状晶体	10	158	25	0.027	501	0.1328	0.1354 ± 0.0044	0.241 ± 0.0053	0.06651 ± 0.00164	818	819	823
4	浅紫红色透明短柱状晶体	10	160	22	0.003	3673	0.1913	0.1229 ± 0.0027	0.110 ± 0.0032	0.06554 ± 0.00107	747	758	792
5	浅紫红色透明短柱状晶体	10	227	31	0.071	233	0.05908	0.1104 ± 0.0030	0.982 ± 0.0036	0.06453 ± 0.00141	675	695	759
6	浅紫红色透明短柱状晶体	10	280	31	0.056	294	0.09223	0.0902 ± 0.0024	0.772 ± 0.0030	0.06213 ± 0.00152	557	581	679
7	浅紫红色透明短柱状晶体	10	296	27	0.017	886	0.1955	0.0806 ± 0.0024	0.676 ± 0.0028	0.06080 ± 0.00150	500	524	632

注: ① $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 已对实验空白 ($\text{Pb}=0.050 \text{ ng}$, $\text{U}=0.002 \text{ ng}$) 及稀释剂作了校正。其他比率中的铅同位素均为放射成因铅同位素。

测定, 结果见表1。其中1、2和3号分析点的 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 、 $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ 、 $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ 表面年龄在误差范围内非常一致, 为 $818 \sim 825 \text{ Ma}$, 经过 ISOPLOT (Ludwig, 1998) 处理, 这3个分析点的 U-Pb 一致年龄为 $819 \pm 11 \text{ Ma}$ ($\text{MSWD} = 0.05$) (图2)。该年龄应代表了鹰扬关群中细碧—角斑岩的结晶年龄, 而且这些锆石在后期的浅变质作用中几乎没有放射性 Pb 的丢失。另外4颗锆石的 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 、 $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ 、 $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ 表面年龄呈现较大的变化, 偏离了谐和线, 表明有后期的放射性 Pb 丢失。

4 讨论和结论

4.1 华南震旦系底界年龄

中国地质年表将震旦系的底界年龄定为 $800 \pm 50 \text{ Ma}$ (中国地质年表工作组, 1987), 这个年龄也被国际地质年表所接受 (Harland et al., 1990)。但是震旦系底界年龄一直是一个重大而又长期争论的问题。刘鸿允及其合作者提出扬子地块南缘板溪群 (及其相应地层) 属震旦系, 并根据其不整合面下的花岗岩年龄将震旦系底界年龄定为 $900 \pm 20 \text{ Ma}$ (刘鸿

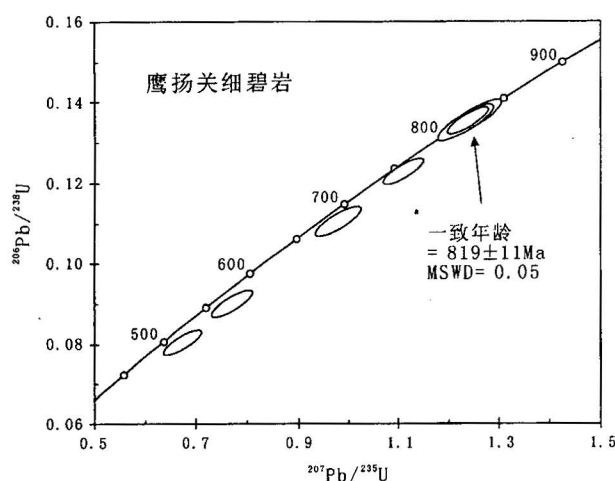


图 2 广西贺州下龙鹰扬关群基性火山岩
锆石 U-Pb 谱和年龄图

Fig. 2 U-Pb zircon concordia diagram for
the Yingyangguan basic volcanic rock
from Xialong, Guangxi

允, 1991)。然而, 最近的高精度锆石 U-Pb 年龄分析结果表明, 这些不整合面下的花岗岩(包括滇中峨山岩体, 桂北本洞、三防、元宝山岩体, 赣北九岭岩体, 皖南许村岩体)的年龄为 819~826 Ma(李献华, 1998; 李献华等, 2001b), 限定了震旦系的底界年龄应 < 819 Ma, 与黄陵花岗岩的锆石 U-Pb 年龄 819 ± 7 Ma 对峡东震旦系底界年龄的限制一致(中国地质年表工作组, 1987)。最近对川西下震旦统苏雄组火山岩的高精度 SHRIMP 锆石 U-Pb 年龄测定结果为 803 ± 12 Ma(李献华等, 2001a)。因此, 高精度年龄资料表明震旦系的底界年龄应在 800~820 Ma 之间。本文的鹰扬关群火山岩锆石 U-Pb 年龄测定结果不仅确定了华南震旦系的底界年龄为 819 ± 11 Ma, 同时也是华南新元古代裂谷盆地中最早的火山活动。

4.2 构造意义

在 830~820 Ma 期间, 广西北部乃至整个华南发生了重大的构造-岩浆活动: ① 828 ± 7 Ma 大规模的基性岩脉/岩席侵入四堡群(Li Z X et al., 1999); ② 819~826 Ma 的本洞、三防和元宝山等花岗岩体的形成, 这些岩体侵入中元古界四堡群, 穿切基性岩脉/岩席, 被新元古界丹洲群白竹组不整合覆盖; ③ 819 ± 11 Ma 鹰扬关群火山岩形成于南华裂谷盆地底部, 而稍晚一些的龙胜三门街火山岩形成于丹洲群合桐组中段(Wang et al., 2001)。

值得注意的是, 这些岩浆活动发生在数百万年以内, 也在锆石 U-Pb 同位素定年误差范围内, 特别是不整合面以下的花岗岩和裂谷盆地底部的火山岩年龄非常接近, 表明桂北地区(甚至更大的范围)在约 820 Ma 经历了非常快速的大规模地壳抬升、去顶和裂谷盆地沉降。根据中国桂北 828 ± 7 Ma 的基性岩脉/岩席与澳大利亚 Gairdner 岩墙群(827 ± 6 Ma, Wingate et al., 1998)在时代上一致, 而后者已被确认为地幔柱成因(Zhao et al., 1994), 以及中国华南在 Rodinia 超级大陆重建中的位置(Li Z X et al., 1995), Li Z X 等(1999)提出了华南约 825 Ma 地幔柱的模式。李献华等(2001b)最近的研究表明, 820~825 Ma 期间, 伴随着幔源基性岩浆活动, 扬子克拉通在广大区域内几乎同时发生了广泛的地壳重熔。虽然这些花岗岩的类型不同, 但它们的形成时代高度一致, 表明这些不同类型的花岗岩应形成于相同或相关的构造环境, 很可能是地幔柱活动导致下部地壳重熔的产物。而紧随的大规模地壳抬升、去顶和裂谷盆地沉降, 则为华南约 825 Ma 地幔柱模式提供了又一重要的佐证。

与西澳大学李正祥研究员的长期讨论, 笔者受益匪浅, 深表感谢。

参 考 文 献

- 李惠民, 李怀坤, 陆松年. 1997. 用矿脉中热液锆石的 U-Pb 定年确定东坪金矿的成矿时代. 地球学报, 18(增刊): 176~178.
- 李献华. 1998. 华南晋宁期造山运动—地质年代学和地球化学制约. 地球物理学报, 41(增刊): 184~193.
- 李献华, 周汉文, 李正祥, 刘颖, Kinny P. 2001a. 扬子块体西缘新元古代双峰式火山岩的锆石 U-Pb 年龄和岩石化学特征. 地球化学, 30: 315~322.
- 李献华, 李正祥, 葛文春, 周汉文, 李武显, 刘颖. 2001b. 华南新元古代花岗岩的锆石 U-Pb 年龄及其构造意义. 矿物岩石地球化学通报, 20(4): 271~273.
- 刘鸿允. 1991. 中国震旦系. 北京: 科学出版社, 1~388.
- 中国地质年表工作组. 1987. 中国地质年表. 北京: 地质出版社, 1~148.

References

- Harland W B, Armstrong R L, Cox A V, et al. 1990. A geological time scale 1989. Cambridge: Cambridge University Press, 1~263.
- Krogh T E. 1973. A low-contamination method for hydrothermal decomposition of zircon and extraction of U and Pb for isotope age determinations. Geochim. Cosmochim. Acta, 37: 485~494.
- Li Huimin, Li Huaikun, Lu Songnian. 1997. Ore forming age of the Dongping gold ore: The U-Pb zircon dating of the hydrothermal zircon in the ore vein. Journal of Earth, 18(supp.): 176~178 (in Chinese with English abstract).

- Li Xianhua. 1998. The Jinning orogeny in the Southeast China: Geochronological and geochemical constraints. *Acta Geophysica Sinica*, 41(Supp.): 184~193 (in Chinese with English abstract).
- Li X H, Zhou H W, Li Z X, Liu Y, King P. 2001a. Zircon U-Pb age and petrochemical characteristics of the Neoproterozoic bimodal volcanics from western Yangtze block. *Geochimica*, 30: 315~322 (in Chinese with English abstract).
- Li X H, Li Z X, Ge W C, Zhou H W, Li W X, Liu Y. 2001b. U-Pb zircon ages of the Neoproterozoic granitoids in South China and their tectonic implications. *Bulletin of Mineralogy Petrology and Geochemistry*, 20 (4): 271~273 (in Chinese with English abstract).
- Li Z X, Zhang L H, Powell C McA. 1995. South China in Rodinia: Part of the missing link between Australia—East Antarctica and Laurentia. *Geology*, 23: 407~410.
- Li Z X, Li X H, Kinny P D, Wang J. 1999. The break up of Rodinia: did it start with a mantle plume beneath South China? *Earth Planet. Sci. Lett.*, 173: 171~181.
- Liu H Y. 1991. *Sinian System*. Beijing: Science Press, 1~388 (in Chinese).
- Ludwig R K. 1998. Using Isoplot/Ex: A geochronological toolkit for Microsoft Excel, version 1.00. Berkeley Geochronology Center Special Publication, 1: 1~42.
- Wang Jian, Li Zhengxiang. 2001. Sequence stratigraphy and evolution of the Neoproterozoic marginal basins along Southeastern Yangtze Craton, South China. *Gondwana Research*, 4(1): 17~26.
- Wingate M T D, Campbell I H, Compston W, Gibson G M. 1998. Ion microprobe U-Pb ages for Neoproterozoic basaltic magmatism in south-central Australia and implications for the breakup of Rodinia. *Precambrian. Res.*, 87: 135~159.
- Working Group of Geological Chronology of China. 1987. *Geological chronology of China*. Beijing: Geological Publishing House, 1~148 (in Chinese).
- Zhao J X, McCulloch M T, Korsch R J. 1994. Characterisation of a plume-related ~800 Ma magmatic event and its implications for basin formation in central-southern Australia. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 121: 349~367.

U-Pb Zircon Geochronology of Basic Volcanic Rocks of the Yingyangguan Group in Hezhou, Guangxi, and Its Tectonic Implications

ZHOU Hanwen^{1,2)}, LI Xianhua²⁾, WANG Hanrong³⁾, LI Jiang³⁾, LI Huimin⁴⁾

1) *Faculty of Earth Sciences, China University of Geosciences, Wuhan, 430074*

2) *Guangzhou Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou, 510640*

3) *Regional Geological Survey Party of Guangxi, Guilin, 541003*

4) *Tianjin Institute of Geology and Mineral Resources, Tianjin, 300170*

Abstract

A TIMS U-Pb zircon analysis indicates that the Yingyangguan basic volcanic rocks in Hezhou, Guangxi, were formed at 819 ± 11 Ma. This means that the Yingyangguan volcanic rocks represent the first magma event in the Neoproterozoic rift basin in South China. It is suggested that 819 ± 11 Ma is the limit age of Sinian in South China. The age of the Neoproterozoic granitoids in northern Guangxi is very close to that of spilitic and mafic-ultramafic rocks unconformably covering the granitoids, which suggests that this area underwent a process of rapid crustal uplifting, unloading and rift basin subsidence at about 820 Ma. It can be considered as part of a wider continental rift system produced by a starting mantle plume beneath South China during the Neoproterozoic breakup of Rodinia. This supports the model of mantle plume about 825 Ma in South China.

Key words: basic volcanic rock; U-Pb zircon geochronology; Yingyangguan Group; Guangxi