大别造山带岳西沙村镁铁-超镁铁岩体的 锆石 U-Pb 年龄

葛宁洁 侯振辉 李惠民^④ 陈江峰 刘斌
阮俊^(四) 秦礼萍

(中国科学技术大学地球和空间科学系, 合肥 230026; ④地矿部天津地质矿产研究所, 天津 300170;

(四)安徽省计划委员会, 合肥 230001)

摘要 北大别造山带岳西沙村镁铁-超镁铁岩侵入体的单颗粒锆石稀释法 U-Pb 年龄测定结果为 (128 ± 2.0) Ma, 表明该岩体的侵位时代在燕山期, 与大多数中生代花岗岩一样, 是燕山期岩浆活动的产物, 而不是发生在印支期与扬子陆块俯冲及超高压变质作用有关的同碰撞侵入岩。

关键词 辉长岩 单颗粒锆石 U-Pb 年龄 大别山

在北大别地体中有许多镁铁-超镁铁岩体出露, 它们主要可分为两类: 一类是以构造侵位为特征的阿尔卑斯型橄榄岩, 如饶拔寨纯橄岩和斜方辉橄岩, 经受强烈变质变形作用. 被认为是岩石圈地幔碎片^[1], 构造侵位时代可能在三叠纪 $((244 \pm 11)$ Ma)^[2]. 另一类是辉石岩-辉长岩侵入体, 未遭受变形、变质作用, 如祝家铺、任家湾、椒子岩和沙村岩体等。

本文不拟讨论前一类侵入体. 而对大量出露的辉石岩-辉长岩侵入岩的侵位时代和形成环境有较大争议: 属于同碰撞侵入岩, 还是碰撞后侵入岩. 李曙光等人^[2]、聂永红等人^[3]和陈道公等人^[4]分别给出祝家铺辉石岩的 Sm-Nd 年龄为 (230 ± 30.7) Ma, 任家湾辉石岩的 Sm-Nd 年龄为 (228 ± 42) Ma 和椒子岩辉长岩的 Sm-Nd 年龄为 (238 ± 28) Ma, 并根据这些年龄值认为北大别地体中的辉石岩-辉长岩为同碰撞侵入岩, 与扬子陆块俯冲及超高压变质时代一致, 认为这些岩石代表了陆壳俯冲碰撞时壳幔相互作用的信息。

最近 Jahn 等人^[1]对沙村、祝家铺等岩体进行了 Rb-Sr, Sm-Nd 定年, 对有的样品还做了重复分析, 但无法确定它们的侵位年龄是 220~ 230 Ma, 相反全岩-云母两点 Rb-Sr 等时线给出约 120 Ma 的冷却年龄. Li 等人^[5]和 Hacker 等人^[6]分别给出北大别辉石岩-辉长岩体的角闪石⁴⁰Ar/³⁹Ar 年龄为 (124 ± 0.6) Ma, (125 ± 0.5) Ma 和 (129 ± 0.6) Ma. 他们认为这类岩石的角闪石⁴⁰Ar/³⁹Ar 年龄确定的燕山期年龄是由于角闪石的 Ar 体系被燕山期热事件重置所致, 而不代表该类岩石的形成年代. 澄清这类侵入岩的真实侵位时代具有十分重要的地质、地球化学意义, 同时也对建立可信的大别造山带构造格局有着决定性作用. 为此本文测定了同样位于北大别地块并与 Li 等人^[5]、聂永红等人^[3]以及陈道公等人^[4]测定的辉石岩-辉长岩具有同样性质的岳西沙村辉长岩体的单颗粒锆石 U-Pb 年龄, 表明它为碰撞后侵入岩, 与大多数中生代花岗岩一样, 是燕山期岩浆活动的产物, 而不是同碰撞侵入岩。

1) Jahn B M, Wu F Y, Lo C H, et al. Crust-mantle interaction induced by deep subduction of the continental crust: Evidence from post-collisional mafic-ultramafic intrusions of the Northern Dabie complex, Central China. Chem Geol, 1999 (印刷中)

<https://engine.scichina.com/doi/10.1360/csb1999-44-19-2110>

1 地质背景与样品

位于华北陆块与扬子陆块之间的大别碰撞造山带形成于三叠纪^[2]. 主要由4个构造单元组成: 即北淮阳构造带、北大别杂岩带、南大别超高压杂岩带和宿松杂岩带. 南大别超高压杂岩带为扬子陆块俯冲基底, 它在三叠纪俯冲到华北和北大别杂岩带之下^[7]. 在三叠纪北大别地体是该碰撞造山带的仰冲壳楔. 众多的辉石岩-辉长岩体则全部出露其中, 较大者有祝家铺辉石岩、沙村辉长岩、小河口辉长岩、椒子岩辉长岩及任家湾辉石岩等, 这些岩体有非常相似的地质产状和微量元素成分^{[1][8]}, 因此认为它们具有相同成因, 并大体同时形成. 而在南大别地体代表的俯冲陆块则无出露(见图1). 岳西沙村辉长岩体与其他辉石岩-辉长岩侵入体一样, 未遭受明显的构造变形和变质作用. 它们具有堆晶结构, 从岩体中心向边部依次由辉石岩、辉长岩过渡为闪长岩、花岗闪长岩等.

岳西沙村辉长岩样品的主要矿物组成为: 橄榄石(1%)、斜方辉石(32%)、单斜辉石(25%)、斜长石(15%, An 65~75)、角闪石(20%)、黑云母(6%)及少量不透明矿物(1%).

岩石的结构为半自形粒状结构和嵌晶结构. 矿物粒径一般在0.2~2 mm. 角闪石可达1.5~4.5 mm, 从矿物之间的相互关系可以看出它的结晶顺序为: 斜方辉石→单斜辉石→斜长石→角闪石→黑云母.

2 实验方法

在本文研究中, 采用单颗粒锆石同位素稀释法进行年龄测定. 所有样品的碎样、锆石的精选、化学处理和锆石U-Pb同位素分析均由天津地质矿产研究所同位素实验室完成, 采用根据Kroug^[9]改进的分析流程所使用的²⁰⁵Pb-²³⁵U混合稀释剂, 质谱测定用VG-354热离子发射质谱计完成. 用大别造山带中生代岩浆岩的Pb同位素平均组成^[10]作为普通Pb的扣除依据, 数据处理使用美国地调所Ludwig^[11]编写的PBDAT和ISOPLAT软件, 结果列于表1中.

根据镜下观察, 锆石主要为短柱状、粒状, 也有少量长柱状(长宽比为2:1~4:1), 晶形发育较好, 粒级较大, 没有熔蚀, 也无包体, 表明这些锆石是在岩浆结晶时形成的.

图1 大别山超高压变质带中镁铁-超镁铁侵入岩分布略图(据李曙光)

1——橄榄岩, 2——辉石岩, 3——辉长岩, 4——花岗岩, 5——火山岩, 6——低温榴辉岩及蓝片岩带, 7——超高压变质带, 8——混合片麻岩, 9——佛子岭和卢镇关群, 10——断层

1) 见2110页脚注1)

表1 铀-铅同位素地质年龄测定结果^{a)}

样品	矿物特征	重量 / $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$	U/ $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$	/ ng	普通铅 含量 Pb/ μg	同位素原子比率						表面年龄/Ma		
						$\frac{^{206}\text{Pb}}{^{204}\text{Pb}}$	$\frac{^{208}\text{Pb}}{^{206}\text{Pb}}$	$\frac{^{206}\text{Pb}}{^{238}\text{U}}$	$\frac{^{207}\text{Pb}}{^{235}\text{U}}$	$\frac{^{207}\text{Pb}}{^{206}\text{Pb}}$	$\frac{^{206}\text{Pb}}{^{238}\text{U}}$	$\frac{^{207}\text{Pb}}{^{235}\text{U}}$	$\frac{^{207}\text{Pb}}{^{206}\text{Pb}}$	
1	浅黄褐色 不规则粒状	15	1 175	75	0.300	133	0.745 8	0.020 13	0.130 2	0.046 92	128.5	124.3	45.06	
								(25)	(66)	(221)				
2	浅黄褐色 透明长柱状	15	1 099	54	0.310	86	0.679 7	0.020 30	0.133 2	0.047 60	129.6	127.0	79.26	
								(35)	(42)	(116)				
3	紫红色半透明 不规则粒状	15	2 235	88	0.330	99	0.488 8	0.018 59	0.123 7	0.048 25	118.7	118.4	111.6	
								(26)	(31)	(89)				
4	浅黄棕色 不规则粒状	10	1 496	47	0.082	482	0.627 9	0.020 02	0.133 6	0.048 41	127.8	127.4	119.2	
								(26)	(40)	(127)				
5	浅黄棕色透明 不规则粒状	20	1 014	34	0.092	293	0.658 7	0.019 65	0.132 1	0.048 76	125.4	126.0	136.1	
								(51)	(86)	(284)				

a) $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 已对实验空白(Pb= 0.050 ng, U= 0.002 ng)及稀释剂作了校正. 其比率中的铅同位素均为放射成因铅同位素. 括号内的数字为 2σ 绝对误差, 例如: 0.020 13(25)表示 $0.020\ 13\pm0.000\ 25(2\sigma)$. 1, 2, 4和5号锆石的谐和线年龄值为 $(128.1\pm2.0)\text{Ma}$

3 结果与讨论

表1中, $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 比值已对实验室空白及稀释剂作了校正, 误差均以 2σ 表示. 从表1数据可以看出, 所测定的样品较年轻, 因此U含量较高, $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 比值较低.

岳西沙村辉长岩体共测了5个点, 其中4个为不规则粒状透明锆石, 1个为长柱状透明锆石(2号点). 2号和3号点的 $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 比值分别为86和99, 而1, 4和5号点的 $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 比值为130~480. 除5号点外, 均给出 $t_{206}>t_{207}>t_{207/206}$. 在谐和图(图2)上, 所有样品点均落

图2 U-Pb 年龄曲线谐和图

在谐和线及其附近,但3号点落在谐和线上119 Ma附近,1,2,4和5号各点则落在谐和线128 Ma附近.在 $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 比较小的情况下, t_{206} 年龄较为可靠,1,2,4和5号点的 t_{206} 加权平均年龄为 (128.1 ± 2.0) Ma(图3).不同形态,不同粒级的4颗锆石给出一致的谐和年龄,加之U-Pb体系的高封闭温度,显然128 Ma应代表该岩体的侵位年龄.3号点较低的表面年龄119 Ma的意义有待进一步研究.这个年龄结果表明该辉长岩体侵位于燕山晚期,是碰撞后侵入岩.而不是同碰撞侵入岩.鉴于产状、岩石学特征和地球化学特征的相似性¹⁾,可以认为,不仅沙村岩体,而且同类的祝家铺岩体,乃至椒子岩等岩体均在130~120 Ma期间形成.这与这类岩体未变质变形的野外地质特征相符.该年龄与大别造山带内广泛分布的花岗质岩石的年代一致^[12,13],也与北淮阳地区和沿江地区广泛分布的白垩世玄武岩和中酸性火山岩的时代一致.因此,这些岩体的产出环境与燕山晚期(早白垩世晚期)中国东南的拉张作用有关,而不是李曙光等人^[2]、陈道公^[4]以及聂永红等人^[3]所认为的是同碰撞侵入岩.

图3 沙村辉长岩样品 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 表面

年龄统计权重

加权平均值= (128.1 ± 2.0) Ma (1.6%) (95% 可信度)

MSWD= 1.64

除了最近确认的分布于苏鲁东部的甲子山岩体系碰撞后岩体外²⁾,在大别造山带范围内尚未发现确切的同碰撞岩体和碰撞后岩体.如果确是这样,表明俯冲板片始终位于陆壳岩石的熔融线之上或造山带内地热梯度较低,这对建立大别造山带构造模型将是重要制约.当然,在大别造山带寻找同碰撞和造山后侵入体的工作值得继续深入.

本文关于沙村岩体辉长岩的锆石年龄结果与Jahn等人¹⁾的同一岩体和祝家铺岩体的两点Rb-Sr等时线年龄一致,也与侵入于这类辉石岩和辉长岩的闪长岩脉中角闪石的 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 年龄在该范围内一致,表明此类岩体侵位后冷却迅速.这与北大别地块花岗质岩石经历的冷却历史相似,也是回溯燕山晚期北大别地块强烈隆升历史时的重要制约.

致谢 安徽省地矿局常印佛院士和唐永成教授在成文过程中与作者进行了讨论,并给予了指导,特致谢意.本工作为国家自然科学基金(批准号:46973197,49794042)和地矿部重点课题资助项目.

参 考 文 献

- 1 张旗,马宝林,刘若新,等.一个消减带之上的大陆岩石圈地幔残片——安徽饶拔寨超镁铁岩的地球化学特征.中国科学, B辑, 1995, 25(8): 867~873
- 2 李曙光, Hart S R, 郑双根, 等.中国华北、华南陆块碰撞时代的钐-钕同位素年龄证据.中国科学, B辑, 1989 (3): 312~319
- 3 聂永红, 李曙光.大别山同碰撞镁铁-超镁铁岩侵入体的Sm-Nd年龄及地质意义.科学通报, 1997, 42(10): 1086~1088
- 4 陈道公, 吴元保, 夏群科, 等.椒子岩辉长岩体的Sm-Nd年龄及其Nd同位素特征.地球学报, 1997, 18(增刊): 9~11
- 5 Li S G, Jagoutz E, Zhang Z Q, et al. Structure of high metamorphic belt in the Dabie mountains and its tectonic implications. Chinese

1) 同2110页脚注1)

2) 谢智.大别-苏鲁造山带岩石的锆石U-Pb年龄.中国科学技术大学博士学位论文.1988

<https://engine.scichina.com/doi/10.1360/csb1999-44-19-2110>

- Sci Bull, 1995, 40(supp): 138~ 140
- 6 Hacker B R, Wang Q. Ar/Ar geochronology of ultrahigh pressure metamorphism in Central China. *Tectonics*, 1995, 14: 994~ 1006
- 7 李曙光, Jagoutz E, 肖益林, 等. 大别山-苏鲁地体超高压变质年代学——iv. Sm-Nd 同位素体系. *中国科学, D 辑*, 1996, 26(3): 249~ 257
- 8 李曙光, 聂永红, 郑双根, 等. 俯冲陆壳与上地幔的相互作用——iv. 大别山同碰撞镁铁-超镁铁岩的主要元素及微量元素地球化学. *中国科学, D 辑*, 1997, 27(6): 488~ 493
- 9 Krough T E. A low contamination method for hydrothermal decomposition of zircon and extraction of U and Pb for isotopic age determinations. *GCA*, 1973, 37: 485~ 494
- 10 张理刚. 东亚岩石圈块体地质——上地幔、基底和花岗岩同位素地球化学及其动力学. 北京: 科学出版社, 1995. 55~ 56
- 11 Ludwig K R. Isoplot——A plotting and refression program for adiogetic isotope data. USGS Openfile report, Version 2. 92. 1997. 91~ 445
- 12 Xue F, David B, Rowley, et al. U-Pb zircon ages of granitoid rocks in the North Dabie Complex, Eastern Dabie Shan, China. *Journal of Geology*, 1997, 105: 744~ 753
- 13 陈江峰, 谢 智, 刘顺生, 等. 大别造山带冷却年龄的⁴⁰Ar-³⁹Ar 和裂变径迹年龄测定. *中国科学, B 辑*, 1995, 25(10): 1086~ 1091

(1999-03-01 收稿, 1999-05-24 收修改稿)

南极洲伊利莎白公主地区冰雪中 $\delta^{18}\text{O}$, Cl^- , NO_3^- , Na^+ 和 Ca^{2+} 年层效应初探

李忠勤 张明军 秦大河 效存德 田立德
康建成^④ 李 军^(四)

(中国科学院兰州冰川冻土研究所, 兰州 730000; ④上海中国极地研究所, 上海 200129;

(四)Antarctic CRC and Australian Antarctic Division, Hobart, Australia)

摘要 对 1996~ 1997 年中国首次南极内陆冰盖考察获得的南极洲伊利莎白公主地区 2 个雪坑及 50 m 雪芯样品的阴离子、阳离子和 $\delta^{18}\text{O}$ 进行对比分析, 结果表明, 在浅层雪坑内, Cl^- 和 Na^+ 的浓度变化与 $\delta^{18}\text{O}$ 的变化异相; NO_3^- 的浓度变化和 $\delta^{18}\text{O}$ 的变化同相. 这些变化呈现明显的季节波动, 反映出良好的年层效应. 随着深度的增加, $\delta^{18}\text{O}$ 的年层效应在 3 m 左右(约 10 a)逐渐被平滑; Cl^- , NO_3^- 和 Na^+ 则在 50 m 雪芯范围内(约 250 a)保持了较清晰的季节变化层, 这为本区冰盖时间序列的建立提供了重要依据. 与此相反的是, 无论在雪坑内还是在雪芯中, 陆盐离子 Ca^{2+} 均不具有明显的年层效应.

关键词 伊利莎白公主地区 $\delta^{18}\text{O}$ 离子 年层效应

自 Bader^[1]于 1954 年首次提出在极地冰川冰中钻取连续冰芯以进行科学研究后, 南极地区的冰芯研究不断深入, 成果匪然. 这些研究加深了人们对南极这一特殊地理区域对全球变化的反映与反馈的认识, 并成为当今全球变化的热点之一. 在南极冰芯研究中, 冰芯时间序列的确立一直是重点和难点内容. 降雪资料的匮乏、雪冰和其内部所包含的各种化学成分沉积后的次生变化, 都会影响到冰芯定年的准确性. 显然, 搞清冰芯中用于定年的各种参数的特征及相互关系, 是正确定年、确保冰芯记录精度和可靠性的前提及基础. 本文将对中国首次南极内陆冰盖考察获得的南极洲伊利莎白公主地区两个雪坑及 50m 雪芯的冰化学分析资料对上