

我国氩同位素体系定年分析标准物质研制进展*

李博凡^{1,2}, 陈文², 孙敬博², 纪宏伟^{1,2}, 刘新宇²,
张彦², 高辉², 李安²

(1 中国地质大学, 北京 100083; 2 中国地质科学院地质研究所, 北京 100037)

氩(Ar)同位素体系定年法是矿床年代学研究中最重要的工具之一。目前, 我国的氩同位素体系定年实验室已经有十几家, 均拥有不逊色于发达国家先进水平实验室的仪器设备, 每年也产出大批的氩同位素年龄数据, 但这些数据在使用过程中遇到了“瓶颈”问题: 我国缺乏为国际普遍接受的氩同位素定年分析标准物质导致测年结果可信度受限。本文分析了氩同位素定年标准物质研制现状并简要介绍我国的最新研究进展。

1 氩同位素体系定年分析标准物质的作用

氩同位素体系定年方法分为钾-氩法和氩-氩法两种。其中钾-氩法在年龄测定时必须用³⁸Ar稀释剂来标定待测样品中的放射性成因⁴⁰Ar, 而无论是用哪种方法分取³⁸Ar稀释剂, 都必须事先用具有标准年龄的氩同位素年龄标准物质来标定³⁸Ar稀释剂的绝对含量。氩-氩同位素定年方法则具有被测样品必须和标准样品同时在核反应堆中进行快中子照射的特点, 且标准样品的年龄直接参与被测样品年龄的计算。可见, 标准物质不仅是获得氩同位素年龄所必不可少的, 也是影响氩同位素年龄数据质量的主要因素。此外, 质谱仪的准确度、精密性、检测限等都需要通过标准物质进行测量; 不同实验室之间的数据进行对比时, 标准物质也起着标尺的作用。从以上分析可以看出, 氩同位素体系定年分析方法对标准物质具有极大的依赖性。

2 氩同位素体系定年分析标准物质研制现状

在国外, 从氩同位素定年分析方法诞生之日起就开始了标准物质的研究工作, 几十年来积累了一大批标准物质, 这些氩同位素定年分析标准物质以角闪石和黑云母为主, 年龄从1 072~17.3 Ma, 时代覆盖了元古代、古生代、中生代和新生代, 它们主要是在国际各实验室间数据对比时被使用。

上世纪80年代以来, 我国学者在氩同位素定年分析标准物质研制方面也做了许多尝试性工作, 先后开发了BSP-1角闪石、ZBH黑云母和ZBJ角闪石等, 分别作为不同地质时代样品定年的参考标准物质。BSP-1角闪石选由王松山等和巴西圣保罗大学U. Cordani合作研究, 推荐标准年龄值为(2060±8) Ma(王松山, 1992)。由于其年龄值较大, 只适合于做老于10亿年的地质样品氩同位素定年分析时使用。ZBH-25黑云母和ZBJ角闪石均选自北京房山花岗闪长岩, 该标准物质由国内多家单位集体研制。其中, ZBH-25黑云母推荐年龄为(132.7±1.2) Ma; ZBJ角闪石的推荐年龄为(132.8±2.4) Ma(王松山, 1983; 朱杰辰, 1987)。目前, 国内在分析中生代地质样品时主要使用该标准物质。

此外, 桑海清(2004)、王非(2005)等人考察和检验了部分新生代地质样品中的透长石, 初步选定了可作为新生代地质样品氩同位素定年标准物质的候选对象。

*本文得到国家重点基础研究发展计划(编号2009CB421001)、国家科技支撑计划(编号2006BAB01A08)、国土资源部公益性行业科研专项经费(编号200911043-13)和国土资源大调查项目(编号1212010816039)资助

第一作者简介 李博凡, 女, 1984年生, 硕士研究生, 专业方向: 海洋地质, Email: wanan311@foxmail.com

通讯作者 陈文, Email: chenwenf@vip.sina.com

3 中国氩同位素体系定年标准物质研制的最新进展

在国土资源大调查项目经费支持下,中国地质科学院地质研究所 Ar-Ar 同位素年代学实验室近年来开展新生代地质样品氩同位素定年分析标准物质研制工作并取得了显著进展。

3.1 TB08 黑云母

TB08 黑云母选自于藏南马筱木花岗闪长斑岩。对 TB08 黑云母单矿物随机抽取了两个样品进行主元素化学成分分析,结果表明,不同样品间各主元素含量基本一致,特别是最关键的特性量值之一的 K_2O 含量,两个样品分别是 8.90% 和 8.88%,相对标准偏差仅为 0.11%,表明 TB08 黑云母主元素化学成分均一。对 TB08 黑云母进行 Ar-Ar 同位素定年分析(实验流程见 Chen et al., 2007),获得一条平坦的 Ar-Ar 年龄谱,坪年龄为 (17.7 ± 0.2) Ma,对应了约 99% 的 ^{39}Ar 释放量。 $^{39}Ar/^{40}Ar$ - $^{36}Ar/^{40}Ar$ 反等时线年龄为 (17.8 ± 0.3) Ma,和坪年龄完全一致。 $^{40}Ar/^{36}Ar$ 初始比值为 294 ± 2.1 ,和尼尔值(295.5)非常接近,表明样品中没有过剩 Ar 的存在。初步认为, TB08 黑云母化学元素分布均匀性良好, Ar-Ar 年龄合适,放射性成因 Ar 分布均匀,可以用做研制新生代氩同位素定年标准物质的候选矿物。

3.2 TB03 透长石

TB03 透长石选自于藏北鱼鳞山火山岩,选出的透长石单矿物约 2 000 g。粉晶 X 衍射分析表明,所选取的矿物样品中透长石占 99% 以上。对 TB03 透长石单矿物随机抽取了两个样品进行主元素含量分析,结果表明,不同样品间元素含量相近,如, SiO_2 含量分别是 63.18% 和 63.16%,特别是最关键的特性量值之一的 K_2O 含量,两个样品分别是 12.13% 和 12.19%,相对标准偏差仅为 0.49%,表明 TB03 透长石主元素化学成分均一。对 TB03 透长石进行了 Ar-Ar 同位素定年分析,所获数据构成一条平坦的 Ar-Ar 年龄谱,坪年龄为 (28.7 ± 0.2) Ma,对应了约 98% 的 ^{39}Ar 释放量。初步认为, TB03 透长石纯度高,化学元素分布均匀, Ar 同位素体系均一,可以用做研制新生代氩同位素定年标准物质的候选矿物。

3.3 SK01 透长石

SK01 透长石选自于可可西里风火山超浅成石英斑岩,选出的透长石单矿物超过 1 500 g。粉晶 X 衍射分析表明,所选取的矿物样品中透长石占 99% 以上。对 SK01 透长石单矿物随机抽取了 4 个样品进行主元素、微量元素、稀土元素含量分析,结果表明,不同样品间元素含量相近,如, $w(SiO_2)$ 在 65.22%~65.45% 之间, $w(Al_2O_3)$ 在 18.82%~18.91% 之间, $w(CaO)$ 在 0.13%~0.14% 之间, $w(Na_2O)$ 在 3.92%~3.95% 之间,特性量值之一的 K 含量,9 个样品测量值为 (8.62 ± 0.01) (%),相对标准偏差仅为 0.12%。对 SK01 透长石进行了 Ar-Ar 同位素定年分析,所获数据构成一条平坦的 Ar-Ar 年龄谱,坪年龄为 (28.81 ± 0.26) Ma,对应了约 99.61% 的 ^{39}Ar 释放量。参与坪年龄计算的数据点构成了一条良好的 $^{39}Ar/^{40}Ar$ - $^{36}Ar/^{40}Ar$ 反等时线,反等时线年龄为 (28.85 ± 0.43) Ma,和坪年龄完全一致, $^{40}Ar/^{36}Ar$ 初始比值为 293 ± 11 ,和尼尔值(295.5)在误差范围内一致,表明样品中没有过剩 Ar 的存在。总体结论是, SK01 透长石纯度高,化学元素分布均匀性良好, Ar-Ar 年龄合适, Ar 同位素体系单一,放射性成因 Ar 分布均匀,是用于研制新生代氩同位素定年标准物质的理想候选矿物。

目前,上述 3 种矿物的颠簸试验、稳定性检验和定值测试工作正在进行中。

参考文献

- Chen W, Zhang Y, Qin K Z, et al. 2007. Study on the age of the shear zone-type gold deposit of East Tianshan, Xinjiang, China[J]. Acta Petrologica Sinica, 23(7):2008-2016.
- 桑海青, 丁林, 戴撞谟. 2004. 用于新生代定年的 Ar-Ar 法标准样品候选样品初测结果[J]. 矿物岩石地球化学通报, 23(1): 24-27.
- 王非, 贺怀宇, 朱日祥, 等. 2005. $^{40}Ar/^{39}Ar$ 年代学国际国内标样的对比标定[J]. 中国科学(D辑), 35(7): 617-626.
- 王松山, 胡世玲, 桑海清, 裘冀, Cordani U G. 1992. 氩-氩定年法国际标准物质 BSP-1 角闪石的研制[J]. 岩石学报, 8(2): 103-127.
- 王松山. 1983. 我国 K-Ar 法标准物质 ^{40}Ar - ^{40}K 和 ^{40}Ar - ^{39}Ar 年龄测定及放射成因 ^{40}Ar 的析出特征[J]. 地质科学, 18(4): 315-323.
- 朱杰辰. 1987. K-Ar 法地质年龄测定标准物质——ZBH 黑云母的矿物学特征[J]. 矿物学报, 7(4): 359-365.