

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

恩施球粒陨石热历史及原始氩特征

王松山 桑海清 裘冀

(中国科学院地质研究所,北京)

内容提要 H_5 型恩施球粒陨石 K-Ar 年龄为 $4503 \pm 91\text{Ma}$, $^{40}\text{Ar}-^{39}\text{Ar}$ 坪年龄为 $4518 \pm 8\text{Ma}$, 总气体年龄为 $4515 \pm 23\text{Ma}$, 等时线年龄为 $4505 \pm 16\text{Ma}$, 年龄的一致性表明该陨石未经受过明显的热扰动, 它是我国首次发现的 Ar 保存年龄高达 45 亿年以上的陨石。陨石形成早期有过短期的快速冷却。陨石母体在 $4.66 \pm 0.04\text{Ma}$ 时破裂。恩施球粒陨石原始捕获 ($^{40}\text{Ar}/^{36}\text{Ar}$)_i 为 0.89 ± 0.44 , 推测 4.5Ga 前太阳风中 $^{40}\text{Ar}/^{36}\text{Ar}$ 近于 1。

关键词 恩施球粒陨石 K-Ar 年龄 Ar-Ar 年龄 暴露年龄 原始捕获氩 湖北

恩施球粒陨石于 1974 年 12 月 26 日 15 时 30 分陨落在湖北省恩施县芭蕉区, 地理座标东经 $109^\circ 51' 20''$, 北纬 $30^\circ 34' 40''$ 。陨石下落时已爆裂多块, 由于收集不齐, 总重量和块数难以确定, 现知至少有 4 块, 分别重 4.5, 3.5, 1.43 和 0.1416kg, 陨石表面有 0.3cm 厚的熔壳, 并见浑圆状气印。陨石内部呈灰色或灰绿色, 质坚硬, 具球粒结构, 球粒直径多为 0.25mm 左右。闻传芬^[1]根据矿物学和岩石化学特征, 将恩施球粒陨石定为 H_5 型球粒陨石。组成陨石的主要矿物有古铜辉石和贵橄榄石, 金属矿物有镍-铁和陨硫铁, 次要矿物有斜长石、铬铁矿和钛铁矿, 尚见极少量玻璃质物质和单斜辉石。为了探讨恩施球粒陨石演化历史和原始 Ar 的组成, 笔者作了各种 Ar 法年龄测定和原始捕获 ^{40}Ar 和 ^{36}Ar 的分析, 进而讨论了该陨石的演化特点及地质意义。

1 Ar 法年龄及其意义

1.1 实验条件

选择新鲜标本, 剥去熔壳, 用研钵破碎到 0.12—0.25mm, 去掉磁性组分。用于 $^{40}\text{Ar}-^{39}\text{Ar}$ 定年的监测物是 BSP-1 角闪石, 其 K-Ar 年龄为 $2060 \pm 8\text{Ma}$ ^[2]。恩施球粒陨石和 BSP-1 角闪石分别用直径 5mm 和 3mm 的同心铝筒包装, 在北京 49-2 反应堆中照射 70h, 快中子总通量 $1.4 \times 10^{18}\text{n/cm}^2$ 。照射时采用水冷、旋转、Cd 屏蔽。样品和 Ar 纯化系统分别在 180° 和 300°C 烘烤, 其空白本底为 $^{40}\text{Ar} = 2.4 \times 10^{-14}\text{mol}$, $^{39}\text{Ar} = 5.8 \times 10^{-16}\text{mol}$, $^{38}\text{Ar} = 4.6 \times 10^{-16}\text{mol}$, $^{37}\text{Ar} = 3.1 \times 10^{-16}\text{mol}$, $^{36}\text{Ar} = 5.4 \times 10^{-16}\text{mol}$, 这些数值用于本底校正。视年龄计算时大气 ^{40}Ar 的校正取 $^{40}\text{Ar}/^{36}\text{Ar} = 1$ ^[3,4]。Ar 同位素分析采用与 Ar 纯化系统联机的 RGA10 质谱计。Ar 同位素比值区做了时间零点、质量歧视、空白本底和 K, Ca, Cl 干扰同位素校正, ^{37}Ar 做了衰变校正^[5]。K-Ar 定年采用同位素稀释技术, K 由北京大学 K-Ar 实验室测定采用 Li 作内标, Na 做缓冲。

注: 地质矿产部同位素地质开放研究实验室(编号 931228-4)和国家基金委资助项目(编号 49373163)。

本文 1995 年 3 月收到, 1996 年 10 月改回, 郝祥国编辑。

表 1 恩施球粒陨石 K-Ar 年龄测定结果

Table 1 K-Ar dating result on Enshi chondrite

样品重量 (mg)	K (%)	$^{40}\text{Ar}^*$ (10^{-9}mol/g)	$^{40}\text{Ar}^*/^{40}\text{K}$	年龄 $\pm 1\sigma$ (Ma)
123.15	0.0693	2.413	1.167	4503 \pm 91

1.2 Ar 法年龄及其意义

K-Ar 和 Ar-Ar 年龄测定结果如表 1, 2 和图 1, 2 所示。

对于一个未受热扰动且不含过剩 Ar 的地质样品, K-Ar 年龄的意义是指该样品降温到 Ar 封闭温度至现在所经历的时间; 若样品受过热扰动, 则 K-Ar 年龄不具

明确的地质意义。恩施球粒陨石的 K-Ar 年龄是 4503 \pm 91Ma, 此值与公认的陨石形成年龄 (4550—4600Ma) 很接近, 它暗示恩施球粒陨石有可能未受过明显的热扰动。当然, 进一步的判定, 还需依据 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 年龄谱。

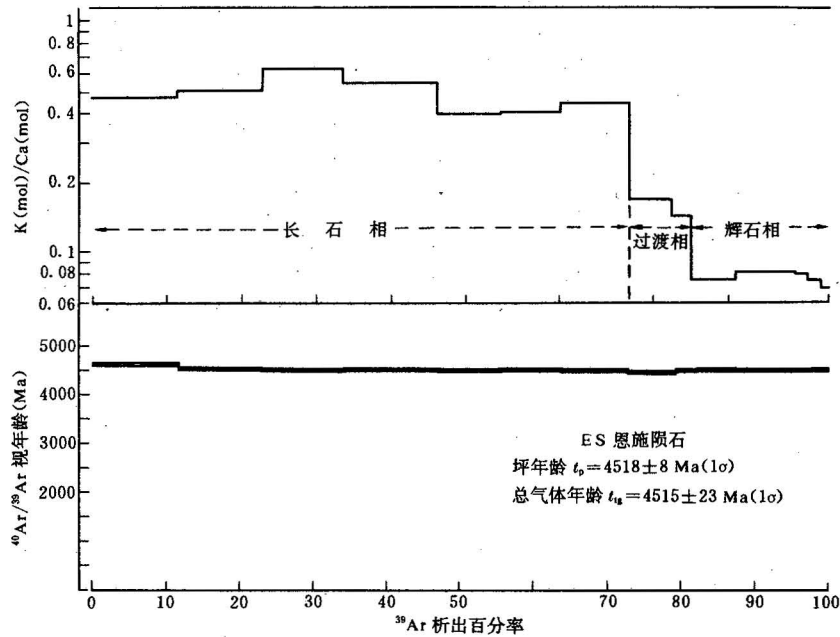
表 2 恩施球粒陨石 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 实验数据Table 2 Enshi chondrite $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ measurement results

加热阶段	加热温度 ($^{\circ}\text{C}$)	$(\frac{^{40}\text{Ar}}{^{39}\text{Ar}})_m$	$(\frac{^{36}\text{Ar}}{^{39}\text{Ar}})_m$	$(\frac{^{37}\text{Ar}}{^{39}\text{Ar}})_m$	$(\frac{^{38}\text{Ar}}{^{39}\text{Ar}})_m$	K/Ca ($\frac{\text{mol}}{\text{mol}}$)	^{39}Ar (10^{-13}mol)	$^{40}\text{Ar}^*/^{39}\text{Ar}$ $\pm 1\sigma$	视年龄 $\pm 1\sigma$ (Ma)
1	420	918.4	0.1211	1.135	0.06842	0.466	2.767	925.9 \pm 9.2	4624 \pm 25
2	480	865.7	0.1698	1.050	0.08767	0.504	2.572	872.3 \pm 8.7	4526 \pm 24
3	530	861.1	0.1056	0.8521	0.06667	0.620	2.540	866.3 \pm 8.6	4511 \pm 23
4	600	863.4	0.2341	0.9819	0.09268	0.538	2.891	869.5 \pm 8.6	4520 \pm 23
5	700	854.0	0.3504	1.329	0.2774	0.398	1.927	862.2 \pm 8.5	4506 \pm 23
6	760	859.3	0.3556	1.314	0.2519	0.403	1.898	867.4 \pm 8.6	4516 \pm 23
7	820	851.7	0.4069	1.190	3.068	0.446	2.041	859.0 \pm 8.5	4501 \pm 23
8	900	824.6	0.6161	3.089	0.9383	0.171	1.465	843.3 \pm 8.2	4470 \pm 23
9	960	838.4	0.6667	3.679	0.3636	0.144	0.684	861.0 \pm 8.4	4504 \pm 23
10	1020	827.8	0.8444	6.923	0.3889	0.076	1.214	870.9 \pm 8.2	4522 \pm 23
11	1100	825.7	0.6197	6.412	0.4225	0.083	1.924	865.4 \pm 8.3	4512 \pm 23
12	1200	823.1	1.3846	6.451	1.076	0.082	0.352	862.9 \pm 8.2	4508 \pm 22
13	1300	828.0	2.040	6.901	0.8800	0.077	0.337	871.0 \pm 8.3	4523 \pm 23
14	1550	828.6	2.857	7.531	1.428	0.070	0.181	875.7 \pm 8.3	4532 \pm 23

W=0.66050g J=0.01294

注: m 为测量值, ^{37}Ar 已做了放射性衰变校正, ^{40}K 衰变常数为 5.543×10^{-10} /年。

恩施球粒陨石 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 年龄谱由 14 个视年龄组成, 整条谱线呈平坦状, 是典型的未受明显扰动的谱型。它给出的坪年龄为 4518 \pm 8Ma, 总气体年龄是 4515 \pm 23Ma, 等时年龄是 4505 \pm 16Ma。这些年龄结果表明, 恩施球粒陨石是我国首次发现的 Ar 保存年龄高达 45 亿年以上的陨石。图 1 K/Ca 值的变化显示, 恩施球粒陨石在低温区间 (420—820 $^{\circ}\text{C}$) $^{40}\text{Ar}^*$ 的析出主要来自富 K 馏分, 即长石相。高温区间 (1020—1550 $^{\circ}\text{C}$) $^{40}\text{Ar}^*$ 主要来自贫 K 馏分, 即辉石相。中温区间 (820—960 $^{\circ}\text{C}$) K/Ca 值介于富 K 与贫 K 之间, 具过渡相特征, $^{40}\text{Ar}^*$ 来自长石相和辉石相两种馏分。恩施球粒陨石 $^{40}\text{Ar}^*$ 这种析出特征与吉林陨石^[6,7]和信阳陨石^[8]十分相似。如果将长石相和辉石相的坪年龄分别计算, 则有 4513 \pm 4Ma 和 4519 \pm 4Ma 的微小差别, 这种年龄差与它们的 $^{40}\text{Ar}^*$ 封闭温度有关。据统计, 球粒陨石 Rb-Sr 等时年龄集中在 4550 \pm 50Ma, 假定这一年年龄也适用于恩施球粒陨石, 并取陨石 Rb-Sr 封闭温度为 750 $^{\circ}\text{C}$, 辉石和斜长石的 $^{40}\text{Ar}^*$ 封闭温度为 620 $^{\circ}$ 和 265 $^{\circ}\text{C}$ ^[9], 那么恩施球粒陨石母体形成初期的演化特点如下。

图1 恩施球粒陨石 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 年龄谱Fig. 1 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ age-spectrum of Enshi chondrite

4550—4519Ma 陨石母体的温度从750℃降至620℃。4550Ma时, ^{87}Sr 出现分异,Rb-Sr时钟启动。陨石母体以4.2℃/Ma的平均速率冷却。这种较慢的冷却速率,主要是与陨石母体内中、短半衰期核素释放的能量有关。

4519—4513Ma 陨石母体温度从620℃快速降至265℃。4519Ma时,古铜辉石中的 $^{40}\text{Ar}^*$ 开始封闭,K-Ar时钟启动。在这期间内,陨石母体以59.2℃/Ma快速冷却,这一速率相当于信阳陨石的7倍^[8]。这种高的冷却速率一方面与母体内中、短半衰期核素的消失有关,另外也可能恩施球粒陨石母体与信阳陨石母体相比要小得多,热量易于散失。

4513Ma以后 陨石母体已降温到265℃,此时斜长石中 $^{40}\text{Ar}^*$ 开始封闭,K-Ar时钟启动。从图1显示的平坦年龄谱线可以判断,陨石母体形成之后未受到明显的热扰动,即使有过,它对母体温度的影响也会低于斜长石 $^{40}\text{Ar}^*$ 的封闭温度,即265℃。恩施球粒陨石母体只是在近期由于天体物质的冲击才发生了破裂,其时间可通过暴露年龄的测定而得知。

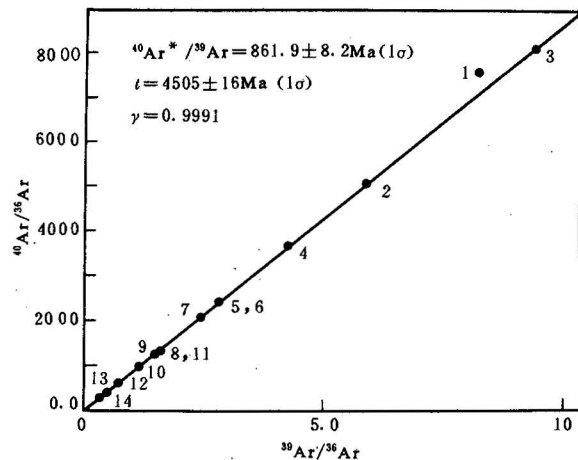
图2 恩施球粒陨石 $^{40}\text{Ar}/^{36}\text{Ar}$ - $^{39}\text{Ar}/^{36}\text{Ar}$ 等时线Fig. 2 $^{40}\text{Ar}/^{36}\text{Ar}$ - $^{39}\text{Ar}/^{36}\text{Ar}$ isochron diagram of Enshi chondrite

表 3 恩施球粒陨石 $^{38}\text{Ar}_c$ 含量及暴露年龄Table 3 Abundances of $^{38}\text{Ar}_c$ and exposure age of Enshi chondrite

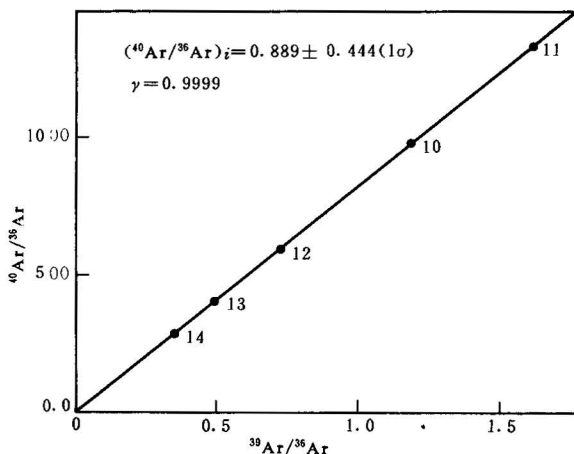
样品重量 (mg)	$^{36}\text{Ar}_{c+t}$	$^{38}\text{Ar}_{c+t}$ ①	$^{38}\text{Ar}_c$ ②	暴露年龄 Ma($\pm 1\sigma$)	采用值 Ma($\pm 1\sigma$)
58.95	18.5	6.51	3.40	4.60 \pm 0.13	4.66 \pm 0.04
56.25	18.7	6.63	3.49	4.72 \pm 0.14	

注:角标 t 表示原始捕获, c 表示宇宙成因, 单位为 $\times 10^{-9}\text{ccSTP/g}$ 。

K 发生散裂, 形成宇宙成因的 $^{38}\text{Ar}_c$ 。由于陨石本身对宇宙射线的自屏蔽作用, $^{38}\text{Ar}_c$ 只存在于陨石表面 1—2cm 的深度内。陨石中 $^{38}\text{Ar}_c$ 的含量除与靶元素含量有关外, 还是陨石块体接受宇宙射线照射时间的函数。根据 $^{38}\text{Ar}_c$ 的含量, 可以计算陨石的暴露年龄。年龄计算时, 取原始捕获($^{38}\text{Ar}/^{36}\text{Ar}$)_t = 0.19, 宇宙成因($^{38}\text{Ar}/^{36}\text{Ar}$)_c = 1.6^[3,10,11]。对 H 型陨石而言, $^{38}\text{Ar}_c$ 的产率是 $0.074 \times 10^{-8}\text{ccSTP/g} \cdot \text{Ma}$ ^[11,12]。经重复测定, 恩施球粒陨石的暴露年龄是 $4.66 \pm 0.04\text{Ma}$ (表 3)。据笔者^[13]统计, 各类陨石的暴露年龄都小于 650Ma, 并随陨石类型而异: 铁陨石暴露年龄最大, 石铁陨石次之, 石陨石最小, 球粒陨石多集中在 2—10Ma。恩施球粒陨石暴露年龄符合这一统计结果。

3 原始捕获($^{40}\text{Ar}/^{36}\text{Ar}$)_t 值及其意义

测定方法同前^[8,14], 为防止大气氩的污染, 取 1000℃ 以上的阶段加热数据, 依 York 方程^[15]绘制 $^{40}\text{Ar}/^{36}\text{Ar}$ - $^{39}\text{Ar}/^{36}\text{Ar}$ 相关图(图 3), 其截距值 $0.89 \pm 0.44(1\sigma)$, 即为恩施球粒陨石原始捕获($^{40}\text{Ar}/^{36}\text{Ar}$)_t 值。

图 3 恩施球粒陨石 $^{40}\text{Ar}/^{36}\text{Ar}$ - $^{39}\text{Ar}/^{36}\text{Ar}$ 相关图Fig. 3 $^{40}\text{Ar}/^{36}\text{Ar}$ vs. $^{39}\text{Ar}/^{36}\text{Ar}$ diagram of high temperature steps on Enshi chondrite

根据图 1 显示的特征, 可以认为恩施球粒陨石原始捕获的 Ar 同位素来自古铜辉石。 $(^{40}\text{Ar}/^{36}\text{Ar})_t$ 反映了 4550Ma 前陨石形成时太阳风(即太阳日冕向星际空间辐射出来的等离子体粒子流)中 Ar 同位素的丰度特征。

现代大气圈 $^{40}\text{Ar}/^{36}\text{Ar}$ 值, 公认是 295.5。 $^{40}\text{Ar}/^{36}\text{Ar}$ 值如何从 1 演化到 295.5, 是地学中引

2 暴露年龄

陨石一旦从母体分裂出, 并成为直径几米大小的碎块, 便开始接受银河系宇宙射线和太阳宇宙射线的照射, 使陨石中靶元素 Ca 以及部分 Ti, Fe,

根据核子合成理论, 4550Ma 前 $^{40}\text{Ar}/^{36}\text{Ar}$ 值可能为 2×10^{-4} (原文作者在此值旁加了一个问号)^[16]。自 1969 年阿波罗-11 登月以来, 一些国外学者相继报道月球物质(月壤、角砾岩、玄武岩等)的 $(^{40}\text{Ar}/^{36}\text{Ar})_t$ 值约为 1^[3,4,17]。1971 年 Podosek^[18] 测得 El Taco 球粒陨石中硅酸盐包体的 $(^{40}\text{Ar}/^{36}\text{Ar})_t = 2$ (原文未注明误差), 他并推测 St. Severin 球粒陨石中 $(^{40}\text{Ar}/^{36}\text{Ar})_t$ 可能介于 0—2 之间。笔者根据吉林陨石和信阳陨石 $(^{40}\text{Ar}/^{36}\text{Ar})_t$ 的实测结果, 曾推测陨石中 $(^{40}\text{Ar}/^{36}\text{Ar})_t$ 可能为 1^[8,14]。此次对恩施球粒陨石原始捕获 Ar 同位素的测定, 支持了这一推测。

人关注的一个问题。演化机制有连续去气说^[19]和灾变去气说^[20]之争,各有所依,尚无定论。这种争论存在两个主要问题。一是都停留在数学模式的推导和讨论上^[21,22]。模式中假设因子较多,其中地幔中钾含量和⁴⁰Ar 的去气常数更是难以确定。二是缺少地球演化不同时期,大气中⁴⁰Ar/³⁶Ar 的实测数据。笔者主张应重点解决前寒武大气中⁴⁰Ar/³⁶Ar 值的测定,进而获得一条⁴⁰Ar/³⁶Ar 随时间的演化曲线,依此可以判断这一演化机制的特点^[23]。

地球演化不同时期,大气中⁴⁰Ar/³⁶Ar 的变化在 K-Ar 和 Ar-Ar 定年中也具有重要意义。过去那种一概取⁴⁰Ar/³⁶Ar=295.5 和除大气⁴⁰Ar 的传统校正方法,以及应用 Ar 法等时技术计算年龄时,认为截距值等于或接近 295.5,该样品就不含过剩⁴⁰Ar,这都是把复杂问题过于简单化了。事实上,只有当样品本身所含大气 Ar 成分完全来自现代大气才能成立,而这种情况仅对年青样品才适用。对于较老样品(前寒武纪的),则必须考虑地球演化的不同时期,大气⁴⁰Ar/³⁶Ar 值的变化。

4 结语

(1) 恩施球粒陨石的演化模式是:4550Ma 前,陨石母体已降温到 750℃,并以 4.2℃/Ma 的平均速率冷却,持续 31Ma。4519Ma 时,母体降温到 620℃,此时由于中、短半衰期核素已基本消失,加之母体体积可能较小,使平均冷却速率变大,达 59.2℃/Ma,并持续 6Ma。4513Ma 时,母体冷却到 265℃。陨石母体未经历明显的热扰动,直到距今 4.66Ma 时,由于天体物质之间的碰撞,母体破裂成若干块体。其中一个块体由于脱离了运行轨道,于 1974 年 12 月 26 日 15 时 30 分陨落在我国湖北省恩施县境内。

(2) 恩施球粒陨石原始捕获(⁴⁰Ar/³⁶Ar)_i=0.89±0.44,它与月岩及已测定的吉林陨石、信阳陨石和 El Taco 陨石(⁴⁰Ar/³⁶Ar)_i 值在误差范围内一致。这种一致性暗示月球、地球和小行星的物质来源是相似的。

(3) 4550Ma 前,太阳风中⁴⁰Ar 与³⁶Ar 原子丰度之比近于 1。

(4) Ar 法定年时大气⁴⁰Ar 的常规校正技术,以及用等时线截距值与 295.5 的关系判别样品是否含过剩⁴⁰Ar 的方法,过于简单化。古代大气中⁴⁰Ar/³⁶Ar 值是时间的函数,对于前寒武纪样品,尤其要考虑这一因素。

张培善研究员和陶克捷副研究员提供了陨石标本,作者表示衷心感谢。

参 考 文 献

- 1 闻传芬. 剑阁和恩施球粒陨石. 地质科学, 1979, (3): 264—269.
- 2 王松山, 胡世玲, 桑海清, 裘冀等. 氩-氩定年法国际标准物质 BSP-1 角闪石的研制. 岩石学报, 1992(2): 103—127.
- 3 Turher G, Huneke J, Podosek F, Wasserburg. ⁴⁰Ar-³⁹Ar ages and cosmic ray exposure ages of Apollo 14 sample. Earth Planet. Sci. Lett., 1971, (2): 19—35.
- 4 Pepin R, Basford J, Dragon J, Murthy V. Rare gases and trace elements in apollo 15 drill core fines, depositional chronologies and K-Ar ages, and production rates of Spallation-produced ³He, ²¹Ne and ³⁸Ar versus depth. 5th Lunar Sci. Conf., Suppl. 5, Geochim. Cosmochim. Acta, 1974(2): 2149—2184.
- 5 王松山. 氩对⁴⁰Ar-³⁹Ar 定年的制约及数据处理. 地质科学, 1992(4): 369—378.
- 6 Wang Songshan, McDougall I. ⁴⁰Ar/³⁹Ar age and thermal history of the Kirin chondrite. Earth Planet. Sci. Lett., 1980 (49): 117—131.
- 7 Harrison M, Wang Songshan. Further ⁴⁰Ar/³⁹Ar evidence the mult-collisional heating of the Kirin chondrite. Geochim. Cosmochim. Acta, 1981, 45: 2513—2517.

- 8 王松山,胡世玲,桑海清,裘冀. 信阳陨石热历史与原始氩特征. 空间科学学报,1985,5(4):308—313.
- 9 桑海清,王松山,胡世玲,裘冀. 迁西太平寨麻粒岩的冷却抬升历史. 见欧阳自远主编. 中国矿物学岩石学地球化学研究新进展. 兰州大学出版社,1994,176—177.
- 10 Bogard D, Reynolds M, Simms L. Noble gas concentrations and cosmic ray exposure age of eight recently fallen chondrites. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 1973, 37: 2417—2433.
- 11 Bogard D, Cressy P. Spallation production of ^3He , ^{21}Ne and ^{38}Ar from meteorite. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 1973, 37: 527—546.
- 12 Bogard D, Husain L, Wright R. $^{\text{Ar}}$ — ^{39}Ar dating of collisional events in chondrite parent bodies. *J. Geophys. Res.* 1976, 81: 5664—5678.
- 13 王松山. 根据 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 年龄谱探讨陨石冲击事件的分期. 地质科学, 1987, (4): 364—373.
- 14 王松山. 吉林陨石原始捕获的 $^{40}\text{Ar}/^{36}\text{Ar}$ 比值及其地质意义. 地质科学, 1984(3): 341—345.
- 15 York D. Least-squares fitting of a straight line with correlated errors. *Earth Planet. Sci. Lett.* 1969, 5: 320—324.
- 16 Cameron A. Abundances of elements in the solar earth. *Space Sci. Rev.* 1973, 15: 121—146.
- 17 Eberhardt P, Geiss H, Garf N. et al. Trapped solar wind noble gases, exposure age and K/Ar age in Apollo 11 lunar fine material. *Proc. Apollo 11 Lunar Sci. Conf.* 1970, 1037—1070.
- 18 Podosek F. Neutron activation potassium-argon dating of meteorites. *Geochim. Cosmochim. Acta.* 1971, 35: 157—173.
- 19 Rubey W. Geologic history of sea water. *Bull. Geol. Soc. Am.* 1951, 62: 1111.
- 20 Fanale F. A case for catastrophic early degassing of the earth. *Chem. Geol.* 1971, 8: 79—105.
- 21 Ozima M. Ar isotopes and Earth-atmosphere evolution models. *Geochim. Cosmochim. Acta.* 1975, 39: 1127—1134.
- 22 Hamano Y, Ozima M. Earth-atmosphere evolution model based on Ar isotopic data. in *Terrestrial rare gases*, ed. by Alexander E and Ozima M. *Cent. Acad. Publ. Japan, Tokyo*, 1978, 155—171.
- 23 王松山,桑海清,裘冀. 根据燧石中古代大气 $^{40}\text{Ar}/^{36}\text{Ar}$ 比值探讨地球的去气作用. 见: 欧阳自远主编, 中国矿物学岩石学地球化学研究新进展, 兰州: 兰州大学出版社, 1994, 223—224.

THERMAL HISTORY AND TRAPPED $^{40}\text{Ar}/^{36}\text{Ar}$ RATIO OF THE ENSHI CHONDRITE

Wang Songshan, Sang Haiqing and Qiu Ji

(*Institute of Geology, Chinese Academy of Science, Beijing*)

Abstract

The Enshi meteorite fell on Dec. 26, 1974, in Enshi County, Hubei Province, China ($109^{\circ}51'20''\text{E}$, $30^{\circ}34'40''\text{N}$). It consists of four fragments at least, of which the largest one is 4.5 kg, and total mass recovered was about 9.57 kg. The Enshi meteorite is an ordinary chondrite, classified as group H5. The principal minerals are chrysolite, bronzite, kamacite and troilite, with minor plagioclase, chromite, ilmenite, clinopyroxene and glassy material.

The $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ age spectrum of the Enshi meteorite gives a plateau age of 4518 ± 8 Ma for all gases, which is in agreement with the total gases age (4515 ± 23 Ma), isochron age (4505 ± 16 Ma) and K-Ar age (4503 ± 91 Ma) within the range of errors. The result of ages shows that the parent body of the Enshi meteorite has not suffered collisional event probably. The low-middle temperature ^{40}Ar is associated with Ca-poor high-K/Ca plagioclase, while the high-temperature ^{40}Ar is related to Ca-rich, low-K/Ca bronzite. The plateau ages of plagioclase and bronzite are

4513±4 Ma and 4519±4 Ma respectively. Calculation indicates that the cooling rates of the Enshi meteorite are 4.2 to 59.2°C/Ma during the early stage evolution.

The Ar correlation diagram constructed from the release of gases at over 1000°C gives a trapped $^{40}\text{Ar}/^{36}\text{Ar}$ ratio of 0.89 ± 0.44 for the Enshi meteorite, using the York equation. From the plot of the derived K/Ca ratio, it is concluded that the trapped Ar is derived from the Ca-rich, high-temperature phases with a low K/Ca ratio, i. e. bronzite. Considering that most of the trapped $^{40}\text{Ar}/^{36}\text{Ar}$ ratios of lunar soil and fragments are about 1, it is possible that the trapped Ar of lunar and meteorites originated from solar wind.

Key words: Enshi chondrite, K-Ar age, Ar-Ar age, exposure age, trapped Ar, Hubei Province

作者简介

王松山,男,1939年9月生。1963年中国科技大学地球化学系核子地化专业毕业。长期从事于中、新生代火山岩及前寒武纪年代学研究,近几年从事陨石热历史及地球去气作用的研究。现任中国科学院地质所研究员。通讯地址:北京德外祁家豁子,中国科学院地质研究所,邮政编码:100029。
