

# $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 法测定矿物流体包裹体年龄

邱华宁 戴槿谟  
(中国科学院地球化学研究所, 贵阳)

**关键词**  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  法、流体包裹体、钨矿

$^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  计时技术已发展成为地质年代学的重要方法和研究天体、地球演化史的重要手段之一<sup>[1-5]</sup>。但是,对于微含钾矿物,年龄测定难度很大,有关报道甚少。Kelley 等人<sup>[6]</sup>首先报道了利用真空击碎技术进行石英流体包裹体的  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  分析,讨论了有关元素的相关性。本文报道作者利用自己设计的超高真空碎样装置,进行热液矿床中石英流体包裹体  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  法年龄测定获得的可喜结果。

## 一、方法原理

热液矿床矿物中往往含有较丰富的流体包裹体,其中存在一定量的钾,根据 K-Ar 法原理和  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  计时的特点,利用真空击碎技术,使中子活化样品中的流体包裹体由大到小分阶段破裂、释气,这些气体经纯化转移,送入质谱计测定氩同位素比值,计算出表观年龄,每个阶段对应得一年龄值。如果矿物结晶时不存在过剩氩,则各阶段表观年龄一致,即为矿物结晶年龄;如果矿物结晶时处于过剩  $^{40}\text{Ar}$  的环境中,所得的表观年龄都将偏高,此时可以采用  $^{40}\text{Ar}/^{36}\text{Ar}-^{39}\text{Ar}/^{36}\text{Ar}$  等时线年龄获得矿物结晶年龄,纵轴截距 ( $^{40}\text{Ar}/^{36}\text{Ar}$ )。代表了矿物结晶时进入流体包裹体的  $^{40}\text{Ar}/^{36}\text{Ar}$  初始值。

## 二、样品和实验技术

实验样品采自滇西泸水县钨锡矿床,在一块钨矿石中选出共生的白云母和乳白色石英,白云母的粒度为 0.2—0.6 mm,石英为 0.4—0.6 mm,在双目镜下手选,纯度达 99% 以上。样品照射中子通量为  $4.047 \times 10^{18} \text{ n} \cdot \text{cm}^{-2}$ 。白云母 S-90Ms 做了常规的  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  阶段加热分析,而石英 S-90Qw 则做了  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  阶段加热分析和阶段击碎分析。

击碎实验是在专门设计的与 MM-1200 质谱计系统连接的超高真空碎样装置中进行的。碎样管内装入铁棒(头部为不锈钢,重 420g),用外加电磁铁吸起铁棒 15 cm,随即断电,铁棒落下击碎样品,每分钟敲击 120 次。

石英中除了原生包裹体 (5—35  $\mu\text{m}$ ) 外,还有沿裂隙分布的小于 3  $\mu\text{m}$  的次生包裹体。击碎后的粉末粒度小于 0.5  $\mu\text{m}$ ,说明大于 0.5  $\mu\text{m}$  的流体包裹体已被破裂。根据次生包裹体的特征,采取下列办法消除其影响: 样品装入实验系统,用温度达 220°C 的加热带烘烤 15h 以上,使大部分次生包裹体中的气体沿裂隙扩散出来、抽掉,然后才开始做实验;在数据处理时,剔除明显偏离等时线的开始和最后阶段的数据点,因为这两阶段次生包裹体释气占比例大,且开始阶段气体太多, $^{39}\text{Ar}$  峰被掩盖,而最后阶段气体太少。

本文 1988 年 11 月 14 日收到。

### 三、实验结果与讨论

$^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  分析数据汇总列于表 1。白云母的年龄谱平坦,坪年龄为  $38.8 \pm 0.6\text{Ma}$  (1SD)。

表 1  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  分析结果

阶段(°C)	$^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$	$^{39}\text{Ar}/^{36}\text{Ar}$	放射成因 $^{40}\text{Ar}\%$	$^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$	累积 $^{39}\text{Ar}\%$	表观年龄 (Ma, 1SD)	
S-90 Ms	94 mg	J = 0.001495					
1 600	281.9	2.03	0	0	0.26		
2 700	271.5	2.86	0	0	0.56		
3 800	330.7	7.69	10.64	4.58	1.42	12.3	1.6
4 900	632.2	31.16	53.24	10.81	7.60	28.9	0.3
5 1000	2592.1	153.58	88.55	14.95	48.82	39.9	0.3
6 1100	4074.0	266.26	92.69	14.19	86.91	37.9	0.3
7 1200	2974.5	189.19	90.02	14.16	97.40	37.8	0.3
8 1350	801.6	35.37	63.11	14.31	100.00	38.2	0.6
总年龄 = $37.7 \pm 0.6\text{Ma}$				坪年龄 (5—8) = $38.8 \pm 0.8\text{Ma}$			
S-90 Qw	阶段加热分析	780 mg		J=0.001775			
1	288.1	1.832	0	0	5.38		
2	319.7	0.082	7.58	293.83	11.86	757.1	282.0
3	312.0	0.088	5.27	186.62	20.55	516.1	249.1
4	310.5	1.084	4.84	13.88	34.62	43.9	19.2
5	307.8	1.956	3.99	6.28	51.37	20.0	12.9
6	315.1	1.941	6.22	10.09	70.27	32.0	12.5
7	353.2	1.077	16.32	53.54	83.38	163.7	21.8
8	410.0	0.416	27.92	274.97	92.20	717.0	55.8
9	521.1	0.170	43.30	1330.03	100.00	2186.6	81.4
总年龄 = $488.5 \pm 74.5\text{Ma}$				坪年龄 (4—6) = $31.4 \pm 14.6\text{Ma}$			
S-90 Qw	真空击碎分析	1600 mg		J=0.001697			
1 <sup>1)</sup>							
2	337.8	0.051	12.52	830.40	10.99	1586.3	167.2
3	342.4	0.298	13.71	157.75	25.50	427.9	45.1
4	346.0	0.645	14.60	78.31	61.20	225.1	10.0
5	342.6	0.439	13.75	107.31	79.52	301.8	25.9
6	352.1	1.170	16.07	48.36	92.24	142.3	20.6
7	307.8	0.450	3.98	27.27	100.00	81.8	80.0

1) 第一阶段  $^{40}\text{Ar}$  峰太高,掩盖了  $^{39}\text{Ar}$  的峰,无法测定  $^{39}\text{Ar}$ 。

等时线(图 1) 年龄为  $38.6 \pm 0.8\text{Ma}$ , 这两个年龄是一致的,代表了钨矿的成矿年龄。石英阶段加热分析的年龄谱为含过剩  $^{40}\text{Ar}$  的马鞍形,其低坪年龄为  $31.4 \pm 14.6\text{Ma}$  (图 2)。

石英阶段击碎分析的年龄谱为表观年龄逐渐降低的阶梯形(图 2),未出现该石英样品对应的阶段加热分析高温阶段的高年龄值(即马鞍形的年龄谱之右半部),这说明流体包裹体越大,所含过剩  $^{40}\text{Ar}$  越多,击碎技术不能使矿物晶格中的 Ar 释放出来,或释出甚少。令人鼓舞的是,石英  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  阶段击碎分析的等时线年龄  $38.6 \pm 1.9\text{Ma}$ ,截距  $(^{40}\text{Ar}/^{36}\text{Ar})_0 = 337.7 \pm 0.7$ ,如图 3 所示,这个等时线年龄与白云母的分析结果完全一致,并与石英对应的阶段加热分析的低坪年龄值在实验误差范围内一致。 $^{40}\text{Ar}/^{36}\text{Ar}$  初始值 337.7 表明了成矿流体中含有过剩  $^{40}\text{Ar}$ 。

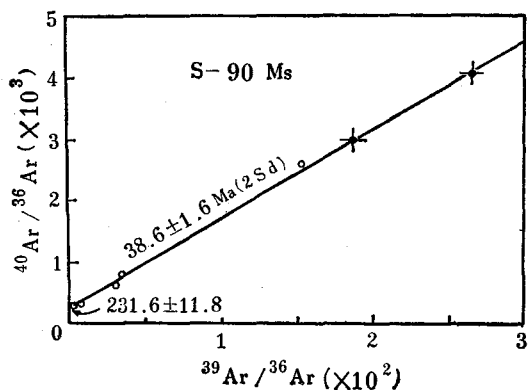


图1 白云母  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  阶段加热分析等时线

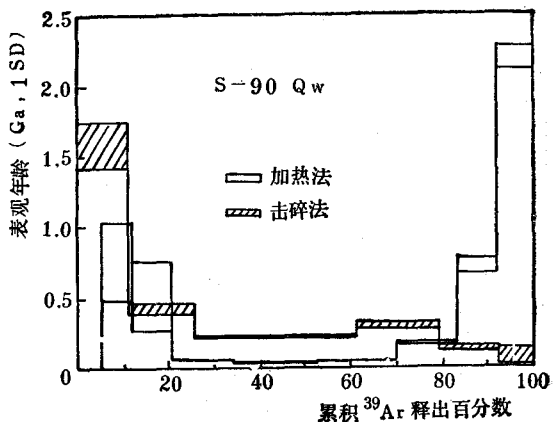


图2 石英  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  年龄谱

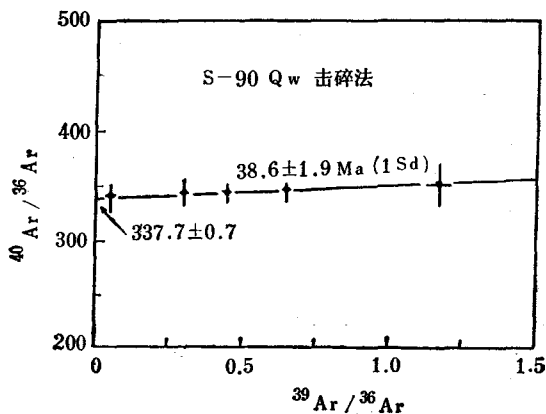


图3 石英  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  阶段击碎分析等时线

#### 四、结 论

1. 我们设计的超高真空碎样装置,完全满足实验要求,使用简便,可供推广。
2. 对于热液矿床中富含流体包裹体的微钾矿物(如石英等),可采用  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  阶段击碎分析,获得合乎地质事实的等时线年龄,其纵轴截距代表了流体的  $^{40}\text{Ar}/^{36}\text{Ar}$  初始值。

致谢: 在本工作中,蒲志平和张修银工程师给予了大力支持和帮助,在此深表感谢。

#### 参 考 文 献

- [1] Merrihue, C. M. and Turner, G., *J. Geophys.*, 71(1965), 2852—2857.
- [2] York, D. et al., *Geophys. Res. Lett.*, 8(1981), 1136—1138.
- [3] Lanphere, M. and Dalrymple, G. B., *Earth Planet. Sci. Lett.*, 32(1976), 141—148.
- [4] Harrison, T. M. and McDougall, I., *Geochim. Cosmochim. Acta.*, 46(1982), 1811—1820.
- [5] 戴撞漠等, 地球化学, 2 (1986), 97—102.
- [6] Kelley, S., Turner, G. et al., *Earth Planet. Sci. Lett.*, 79(1986), 303—318.
- [7] Shepherd, T. J. et al., *Nature*, 290(1981), 578—579.
- [8] Jambon, A. et al., *Earth Planet. Sci. Lett.*, 73(1985), 255—267.
- [9] Ball, T. K. et al., *Mineral. Deposita*, 20(1985), 57—65.