

燧石⁴⁰Ar/³⁹Ar 马鞍形年龄谱形成机制探讨 ——以蓟县剖面铁岭组燧石为例*

王松山 裘 冀

(中国科学院地质与地球物理研究所,北京)

摘 要 对燕山地区蓟县剖面铁岭组条带状燧石进行 Ar-Ar 阶段加热实验,获得一个马鞍形年龄谱。通过对各温度阶段 Ar 释放质量分数及 Ar₃₉/Ar₄₀ 比值变化特征的分析,笔者认为马鞍形谱线左侧视年龄的变化与燧石中流体包裹体含过剩 Ar 有直接关系;而右侧的变化则与燧石晶格中过剩 Ar 的释放有关。马鞍形谱线往往意味着样品含过剩 Ar 但含过剩 Ar 的样品不一定都呈马鞍形。当燧石纯度很高,加热阶段划分得很细时,马鞍形谱线中温区间最小视年龄具有某种年代学意义。

关键词 蓟县剖面 铁岭组 燧石 Ar-Ar 法定年 马鞍形年龄谱

矿物或岩石在形成时、形成后或后期变质重结晶过程中,有过剩 Ar 的加入,从而导致样品的视年龄变大,影响 Ar-Ar 和 Ar-Ar 法定年。通常过剩 Ar 赋存于矿物晶格或流体包裹体中;有时矿物中含有极细小的(微米级)杂质颗粒,这种颗粒含有的 Ar 也同样会造成寄主矿物视年龄的异常,近年来,一些作者也将这种 Ar 统称为过剩 Ar 严格讲,这种说法不准确)。

陈树文等^[1]曾指出,马鞍形(或称 撞形、犄形) Ar-Ar 年龄谱是辨别矿物是否含过剩 Ar 的标志。这种谱形特征是低温和高温区间视年龄较之中温区间异常大,导致年龄谱呈马鞍状,故名。应指出的是,并非所有含过剩 Ar 的样品其 Ar-Ar 年龄谱均呈马鞍形。一批学者^[2-7]曾报道某些高压和超高压变质成因的含过剩 Ar 的云母族矿物,其年龄谱却呈平坦状。据已发表的资料可归结为:样品含过剩 Ar 时,Ar-Ar 年龄谱不一定都呈马鞍形;但若呈马鞍形,则样品往往含过剩 Ar 本文以时代已知的蓟县剖面铁岭组条带状燧石为例,来检验上述观点,并进而探讨马鞍形年龄谱的形成机制。

1 地质概况及样品简述

位于天津蓟县境内的中-晚元古代层型剖面的地质构造简单,除剖面中部有一逆断层使部分地层重复外,整个地层层序和顶底界线出露很清楚。该剖面不整合在太古宙迁西群石榴角闪斜长片麻岩和变粒岩之上,并与上覆的下寒武统府君山组灰岩呈不整合接触。剖面主要由海相碳酸盐岩及少量碎屑岩、粘土质岩石以及火山岩等组成,自下而上分为长城、蓟县和青白口 3 个系和 11 个组,总厚度约 9200 米。

(C)1994-2021 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net
* 本文为国土资源部同位素地质研究开放实验室基金项目资助
第一作者:王松山,男,1939 年生,研究员,从事同位素地质年代学工作,邮编:100029

铁岭组是蓟县系最上部的一个岩石地层单位,与下伏的洪水庄组整合接触,与上覆的青白口系下马岭组呈平行不整合接触。铁岭组下部是潮间带晶屑质含锰白云岩和绿色、紫色页岩;上部为潮间-潮下带叠层石石灰岩和白云质灰岩。以该组中部的沉积间断为界,自下而上分为代庄子和老虎顶两个亚组,总厚度 333 米^[8]。燧石采自小岭-桃园之间,层位位于代庄子亚组顶部,紧靠两亚组界线处。燧石呈窄条带状产出,灰色、致密。燧石中含有原生流体包裹体,呈气液两相。扫描电镜显示,该燧石含有少量微米级杂质颗粒存在,从成分上看可能是长石和/或粘土矿物。中国科学院地球化学所同位素地质室给出的铁岭组顶界年龄为 1100 ± 50 万年^[9],于荣炳等给出的该组底界和顶界年龄为 1180 和 1000 万年^[10],李明荣等通过对海绿石中可膨胀层及中子活化过程中³⁹钾丢失率的测定,利用钾-钾法年龄校正公式给出的底界、两亚组界线及顶界年龄分别是 1175 ± 10 万年^[11]、 1125 ± 10 万年和 1070 ± 10 万年^[11]。

2 实验及结果

将标本破碎至 50~80 目,清洗后 100℃烘干,镜下剔除带粘连物的颗粒。精选后的样品与年龄标样 40K 角闪石包裹在两支不同直径的同心铝筒中,在北京 492 反应堆进行快中子照射,其积累通量达 1.2×10^{18} 中子/cm²。为降低慢中子干扰,避免扩散丢失和降低中子流横向梯度变化,中子照射过程中采取了铅屏蔽、水冷却和旋转等措施^[12]。样品用高频电炉加热,分 15 个阶段进行。钾同位素采用英制 40K 质谱计静态测定,数据作了本底、质量歧视、记忆效应校正,以及铷同位素和³⁷钾衰变校正^[13],铷同位素质量分数计算方法见文献[13,14],其中 $(^{36}\text{Ar}/^{39}\text{Ar})_{\text{样}} = 1.40 \times 10^{-9}$ 、 $\lambda_{^{40}\text{K}} = 5.543 \times 10^{-10}$ 年⁻¹、 $\lambda_{^{40}\text{K}} = 1.167 \times 10^{-4}$ (原子/原子)。实验结果见表 1 和图 1。

表 1 铁岭组 5 号燧石 40K-39Ar 分析结果
表 1 铁岭组 5 号燧石 40K-39Ar 分析结果

温度 /℃	40K/39Ar	39Ar/39Ar	40Ar/39Ar	39Ar/39Ar	39Ar/39Ar	40Ar/39Ar	39Ar/39Ar	40Ar/39Ar	39Ar/39Ar
410	9.170±0.009	1.35±0.06	4.47±0.07	1.18±0.13	1.13	100.5	1.34±0.00	1.52±0.09	1.36±0.07
460	5.96±0.06	2.64±0.06	2.25±0.07	2.30±0.13	2.21	114.9	1.39±0.00	1.65±0.09	1.31±0.07
540	7.68±0.06	5.61±0.06	1.71±0.07	4.89±0.13	4.69	91.93	9.75±0.01	1.42±0.09	1.05±0.07
600	4.11±0.06	8.51±0.06	2.41±0.07	7.42±0.13	7.12	88.94	9.40±0.01	1.38±0.09	1.03±0.07
660	5.56±0.06	9.15±0.06	2.39±0.07	7.97±0.13	7.65	74.59	7.95±0.01	1.22±0.09	9.51±0.06
730	2.78±0.06	8.99±0.06	8.04±0.07	7.84±0.13	7.52	68.72	7.16±0.01	1.15±0.09	8.91±0.06
800	1.98±0.06	8.91±0.06	1.02±0.06	7.77±0.13	7.46	66.97	7.22±0.01	1.13±0.09	9.09±0.06
880	4.64±0.06	8.06±0.06	1.07±0.07	7.02±0.03	6.74	74.34	7.72±0.01	1.22±0.09	9.25±0.06
980	4.77±0.06	7.86±0.06	2.93±0.07	6.85±0.13	6.58	83.29	8.80±0.01	1.32±0.09	9.95±0.06
1100	3.31±0.06	1.43±0.05	3.61±0.07	1.25±0.12	11.96	84.20	8.62±0.01	1.33±0.09	9.69±0.06
1250	3.18±0.06	1.08±0.05	1.80±0.08	9.38±0.13	9.00	93.60	9.90±0.01	1.43±0.09	1.05±0.07
1340	7.95±0.07	1.25±0.05	8.06±0.08	1.09±0.12	10.48	90.61	9.63±0.01	1.40±0.09	1.04±0.07
1420	5.43±0.06	1.04±0.05	7.40±0.07	9.09±0.13	8.73	113.6	1.17±0.00	1.63±0.09	1.11±0.07
1500	2.65±0.07	4.66±0.06	3.75±0.07	4.06±0.13	3.90	97.48	1.07±0.00	1.48±0.09	1.11±0.07
1600	1.32±0.07	5.78±0.06	2.24±0.07	5.04±0.13	4.84	108.6	1.15±0.00	1.59±0.09	1.12±0.07
1600	5.06±0.05	1.19±0.04	5.35±0.06						

4 讨 论

4.1 一个马鞍形年龄谱

图 1 清楚显示,年龄谱由两部分构成。谱线左侧视年龄随温度由大到小递减,右侧视年龄由小到递升,整个年龄谱显示出一个马鞍形特征。这里需要指出的是,谱线左侧由大到小的视年龄,所对应的³⁹Ar累积析出量高达 37.78%,与由³⁹Ar核反冲所造成的视年龄在低温区间由大到小的变化有着明显的区别。由于核反冲造成³⁹Ar在矿物晶体表面移动的距离仅 0.1μm 左右^[15],受其影响的视年龄所对应的³⁹Ar析出总量通常很小,一般在 5% 以内^[16]。

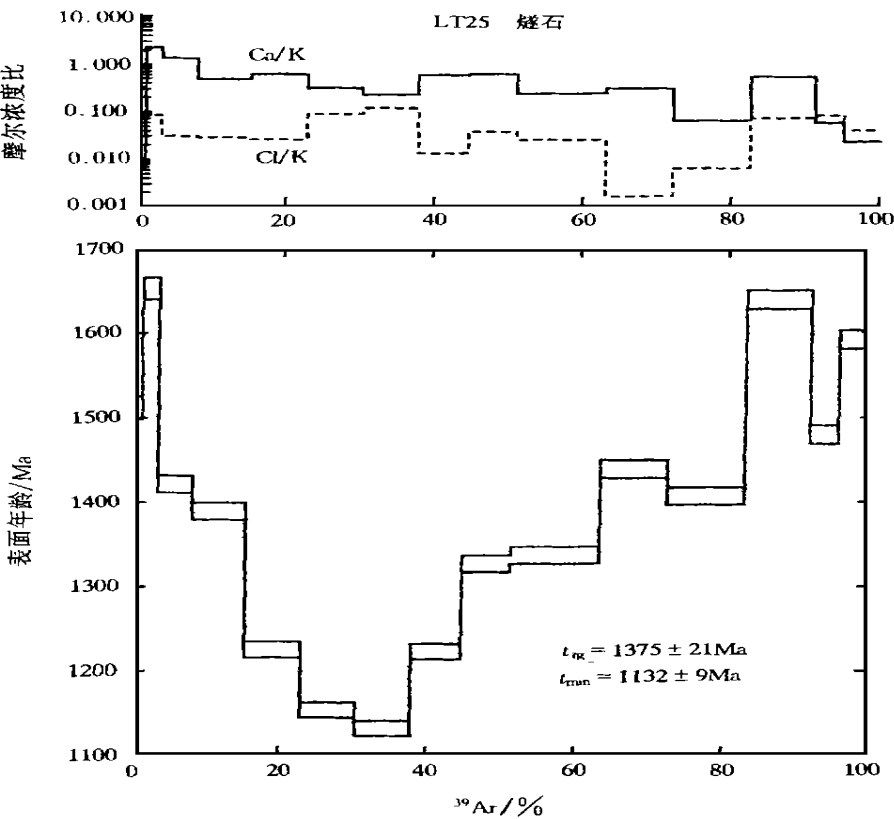


图 1 样 LT25 燧石³⁹Ar-⁴⁰Ar 年龄谱及^{Ca/K}、^{Cl/K}变化曲线
图 1 样 LT25 燧石³⁹Ar-⁴⁰Ar 年龄谱及^{Ca/K}、^{Cl/K}变化曲线

4.2 样 LT25 燧石含过剩³⁹Ar

根据图 1 所示的年龄谱形,无法计算坪年龄。对样 LT25 燧石 15 个阶段加热数据进行加权处理计算了总气体年龄^[13],其值为 1375 ± 21 Ma,此值高出文献^[8-10]给出的该地层时代至少 2000 Ma,因此,可以推断样 LT25 燧石含有过剩³⁹Ar。

