

南极, 陨石, 火星陨石, 运移时间, 生命遗迹

第 11 卷第 1 期  
1999 年 3 月

极地研究  
CHINESE JOURNAL OF POLAR RESEARCH

11.No. 1  
March 1999

研究综述

P185-83

46-54

Q911.33

# 南极陨石研究的启示 IX. 火星陨石的溅射和运移时间及古生命遗迹的综述\*

王道德

(中国科学院广州地球化学研究所, 广州 510640)

**摘要** 火星陨石的稀有气体同位素研究表明, 12 个火星陨石在 15Ma 期间至少发生过 5 次不同的冲击事件并溅射火星壳物质, 其溅射年龄分别为 0.82Ma、2.76Ma、3.84Ma、11.0Ma 及 14.4Ma。其中 Chassigny 火星陨石的化学成分不同于透辉橄榄岩, 其溅射年龄为 11.6Ma, 如果这次冲击事件与透辉橄榄岩无关, 则冲击溅射事件应为 6 次。McKay *et al.* (1996) 等提出在 ALH84001 火星陨石中含有古生命遗迹的证据, 对此, 许多学者提出了一些相反的论证, 但根据对 ALH84001 火星陨石多学科综合研究, 目前尚不能完全肯定或否定火星陨石中有古生命遗迹的存在。

**关键词** 火星 火星陨石 陨石 古生命

## 1 前言

大多数陨石来自小行星, 但在近 20 年间已鉴定出 12 个火星陨石, 其中有 6 个是在南极冰盖上回收的。一般认为这些陨石是因小行星或彗星撞击火星壳而溅射的物质, 且结晶年龄晚, 认为来自大的行星, 捕获气体的同位素组成与海盗号着陆器所测定的火星大气一致 (Owen and Biemann, 1976)。这些陨石的火星成因观点是在研究了 13 块来自月球的陨石基础上提出的, 因为月球陨石可与阿波罗号和月球号宇宙飞船带回的月球样品进行比较, 研究表明, 月球陨石是月球溅射的月亮物质, 那么, 火星陨石也可能是火星溅射的火星壳物质, 月球陨石及火星陨石是来自分异的行星, 其陨石类型属于分异型的无球粒陨石。

根据矿物学和化学组成特征, 火星陨石的岩石类型可划分为: 玄武岩质辉玻无球粒

\* 国家自然科学基金资助项目 (49772098); 国家海洋局极地办公室及中国科学院“八五”南极研究资助项目 (905-02-03-08)

陨石,以 Shergotty、Zagami 及南极发现的 Queen Alexandra Range(简称 QUE)94201 火星陨石为典型代表;Elephant Moraine(简称 EET)79001 火星陨石也属于这种岩石类型,但由于含有两种玄武岩质岩性和粒度上的差异将其划分为 A 及 B 型,B 型岩性不同于 A 型,且粒度粗一些、熔长石的丰度也高一些(Mikouchi *et al.*, 1998);二辉橄榄岩质辉玻无球粒陨石并以 Allan Hills77005(简称 ALH77)及 LEW88516(LEW)火星陨石为代表, Yamato-793605 火星陨石为新近鉴定的另一个二辉橄榄岩(Mayeda *et al.*, 1995);辉橄无球粒陨石,包括 Nakhla、Lafayette 及 Governador Valadares 3 个火星陨石,Chassigny 火星陨石为纯橄岩;Allan Hills84001(简称 ALH84)火星陨石为粗粒斜方辉石岩。有关 10 个火星陨石的岩石学特征、矿物化学特征、化学组成等已进行过论述(林杨挺、王道德,1995)。应当指出的是美国科学家 McKay *et al.* (1996) 提出在 ALH84001 火星陨石中有火星细菌的证据,这一惊人的发现引起了国际上的轰动和关注,许多学者提出了一些不同的看法和与此相反的证据,并对一些证据进行了评述。

本文主要依据火星陨石的宇宙射线暴露年龄及居地年龄的资料和数据,阐述 12 个火星陨石的冲击事件次数,同时评述火星陨石保存古生命遗迹的可能性。

## 2 火星陨石由火星—地球的运移时间

火星陨石的研究可以增进对火星壳成分的了解,但要回答 12 个火星陨石(新近又在撒哈拉沙漠发现和回收的沙漠陨石中鉴定出第 13 个火星陨石并命名为 Lucky13,重约 2kg,岩性类似于 EET79001 A,宇宙射线暴露年龄比 EET79001 老 1Ma)是来自多少个点或位置的问题,则需要了解与溅射有关的冲击事件次数,火星陨石的溅射时间( $T_e$ )是陨石物质在宇宙空间持续的时间(宇宙射线暴露年龄  $T_e$ )和降落到地球以后居地年龄( $T_{terr}$ )的总和(Eugster *et al.*, 1997),通常,  $T_e$  是高能宇宙射线与陨石物质相互作用产生稀有气体核素的浓度而获得的,而  $T_{terr}$  是依据宇宙射线产生的放射性核素(如  $^{14}C$ 、 $^{36}Cl$ 、 $^{26}Al$  及  $^{81}Kr$ ) 的活度而获得的。在宇宙空间宇宙射线暴露的持续时间可由  $T_e = C_e/P_e$  的计算获得,  $C_e$  为稳定宇宙成因稀有气体的浓度,  $P_e$  为它们的产率,并为特定陨石靶元素丰度及宇宙成因( $^{22}Ne/^{21}Ne$ )。屏蔽指示剂的函数,但这种方法仅用在暴露于银河宇宙射线的陨石物质,无太阳宇宙射线产生稀有气体的贡献。表 1 为火星陨石的溅射年龄,图 1 为火星陨石溅射年龄的分布。从表 1 和图 1 可以明显看出,在 15Ma 内火星上至少发生过 5 次不同的冲击事件并溅射火星壳物质(火星陨石),其溅射年龄分别为:0.82Ma (EET79001)、2.76Ma (QUE94201、Shergotty 及 Zagami)、3.84Ma (LEW885ALH77005)、11.0Ma (Nakhla、Governador Valadares 及 Lafayette)、14.4Ma (ALH84001)。虽然 Chassigny 火星陨石在化学上不同于透辉橄无球粒陨石,但其溅射年龄为 11.6Ma,是否是另一次冲击溅射事件尚不能肯定,如果这次事件与透辉橄无球粒陨石无关,则冲击溅射事件应为 6 次。

表 1 火星陨石的溅射年龄  
Table 1. Ejection ages of Martian meteorites and their impact pressure.

陨石	平均宇宙射线暴露年龄(Ma)	居地年龄(Ma)	溅射年龄(Ma)	冲击压力(Gpa)
EET79001	0.65±0.20	0.17	0.82±0.20	34
QUE94201	2.46±0.17	0.29	2.75±0.17	35~40
Shergotty	2.71±0.45		2.9±0.4	29
			3.1±0.4(辉石)	
			3.0±0.5(熔长石)	
Zagami	2.81±0.18		2.81±0.18	31
平均			2.76±0.06	
ALH77005	3.32±0.55	0.2	3.52±0.55	43
LEW88516	4.14±0.62	0.0215	4.16±0.62	>30
Y-793605	4.4±1.0		3.9±0.5	30~50
平均			3.86	
Chassigny	11.6±4.0		11.6±1.5	15~20
Nakhla	11.6±1.8		11.6±1.5	轻微
Gov. Valadares	10.1±2.2		10.1±2.2	
Lafayette	11.4±2.1		11.4±2.1	
平均			11.0±0.9	
ALH84001	14.4±0.7	0.065	14.4±0.7	35~40

注：据 Eugster *et al.*, 1997; Terrilini *et al.*, 1998 编制。

Ejection times of Martian meteorites

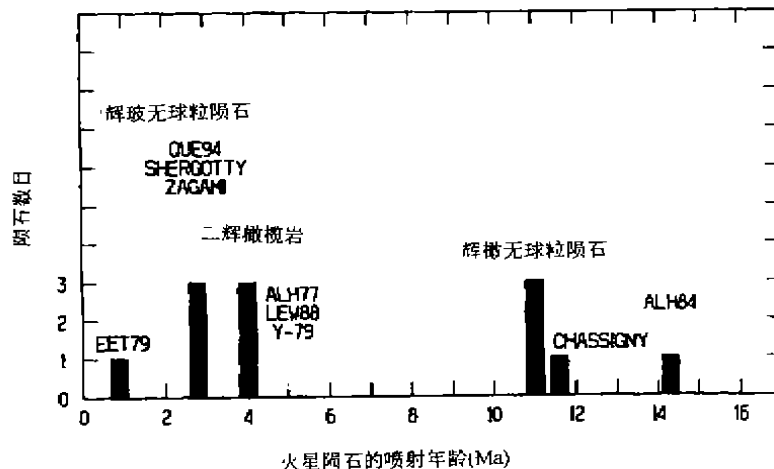


图 1 火星陨石溅射年龄分布  
Fig. 1. Distribution of the ejection ages for the Martian meteorites.

关于火星陨石溅射的时间问题, Bogard *et al.* (1984) 提出了三种情况, 即: ①4 个辉玻无球粒陨石 (Shergottites, 简称 S) 的 Rb-Sr 年龄为 180Ma, 代表强冲击事件的时间, 此时, 火星陨石呈 1 个或几个大的岩块 (直径大于 5m) 从其母体溅射, 然而所得到的宇宙射线暴露年龄 (CRE) 很短, 回收到的火星陨石完全屏蔽在大的岩块内; ②每一个火星陨石的 CRE 年龄代表直接从火星表面溅射的时间; ③火星陨石 CRE 年龄的不同是在溅射和暴

露于火星之前造成的,那么,火星陨石应具有最短的宇宙射线暴露年龄。目前已有许多的证据有利于第二种情况,这些证据包括宇宙射线产生的 $^{22}\text{Ne}/^{21}\text{Ne}$ 及 $^{131}\text{Xe}/^{126}\text{Xe}$ 值是深度的灵敏指示剂,且它们又取决于靶元素的浓度( $^{22}\text{Ne}/^{21}\text{Ne}$ 主要取决于Mg、Al及Si)。据研究, $^{22}\text{Ne}/^{21}\text{Ne}$ 值与进入大气前的半径小于0.5m是一致的,S和辉橄无球粒陨石(Nakhlites,简称N)的宇宙成因( $^{131}\text{Xe}/^{126}\text{Xe}$ )<sub>c</sub>值表明(Ott,1988),在它们暴露于宇宙射线之前是以小物体的形式被屏蔽的;又如S和N型火星陨石是来自大块体的第二次破裂,那么同一次破裂事件应回收到相同类型的陨石;理论计算(Wetherill,1984)也表明小于1m的物体比大于7m的物体更易加速;认为CRE年龄类似于计算的从火星到地球的运移时间(McSween,1985);S型、ALH77及EET79的 $^{26}\text{Al}$ 、核径迹及其它宇宙射线效应表明,它们作为小的物体与单阶段暴露历史是一致的;Gladman *et al.* (1996)发现宇宙射线暴露年龄的分布与所有碎块以单个小物体和高于火星逃逸速度传递到地球的模式是一致的。

综上所述,宇宙成因核素的同位素证据表明,到目前为止,回收的12块火星陨石是由于在火星表面受到5或6次小行星或彗星冲击溅射并运移到地球的。此外,Shergotty辉玻无球粒陨石经受了冲击变质作用并使斜长石在高压下熔融淬火而形成致密的玻璃(El Goresy *et al.*,1998),在EET79001火星陨石中也发现许多冲击熔融玻璃包体并含有捕获的Ar、Xe、N<sub>2</sub>及H<sub>2</sub>(Bogard and Johnson,1983;Leshin *et al.*,1996),认为这些捕获的气体是由辉玻无球粒陨石母体表面周围大气冲击注入的, $^{40}\text{Ar}/^{36}\text{Ar}$ 值对于火星成因是非常特征的,海盗号探测的 $^{40}\text{Ar}/^{36}\text{Ar}$ 值为 $3000\pm 500$ (Nier and McElroy,1977),而EET79001为 $2260\pm 200$ (Wiens *et al.*,1986),表明火星大气的Ar与火星幔的Ar可能发生过混合作用,在Shergotty、Zagami、QUE94201、二辉橄辉岩、Chassigny及ALH84001中也含有火星大气和火星幔的Ar(Terribilini *et al.*,1998)。以上表明火星大气气体进入陨石物质是由于火星表面的冲击事件造成的。

### 3 古火星生命遗迹的证据及评述

#### 3.1 古火星生命遗迹的证据

McKay *et al.* (1996)提出,ALH84001火星陨石的新鲜破裂面含有大量多环芳烃(Polycyclic aromatic hydrocarbons,简称PAHs)和碳酸盐小球体,认为PAHs是陨石所固有的,小球体含有细粒单晶畴磁铁矿和铁-硫化物次生相,碳酸盐小球体的大小和结构类似于地球上细菌状的碳酸盐沉淀物,虽然它们有可能是无机形成的,但所观察到的结构可用生物成因来解释小球体的形成,因此,认为PAHs、碳酸盐小球体及共生的次生矿物相和结构是过去火星生物群的化石遗迹。在上述研究的基础上发现和提出以下的证据,即(1)流体沿火星岩石的裂隙和孔隙渗透过并为次生矿物形成和生物成因活动的场所;(2)碳酸盐小球体的形成年龄(3.6Ga或1.3Ga)比火成岩(4.5Ga)年轻;(3)碳酸盐小球体的扫描和透射电镜图像及其它特征类似地球微有机物、地球生物成因碳酸盐构造或微化石;(4)磁铁矿和铁硫化物粒子是由氧化和还原作用所致;(5)PAHs与富碳酸盐小球体的表面共生。之后,于1998年McKay研究小组的成员之一(Gibson *et al.*,1998)除重申了上述证

据外,还补充了碳同位素组成( $\delta^{13}\text{C}$  为  $-55\%$  到  $-65\%$ ); 类似生物膜(biofilm) 结构; 碳酸盐小球体内磁铁矿颗粒链类似由永磁式排列(magnetitaclitic) 细菌产生的磁铁矿颗粒链及单个小球体内氧的同位素组成等证据。

综上所述,McKay *et al.* (1996) 给出了在 ALH84001 火星陨石中曾生存过火星细菌的证据; 该陨石曾在火星上被液态水渗透过; 所发现死的、化石细菌和化学痕迹可以来自细菌。

### 3.2 评述及存在的问题

自 McKay *et al.* (1996) 提出在 ALH84001 火星陨石样品可能保存有残余生物活动以来,火星陨石中是否有古生命遗迹已成为热门的研究课题并开拓了新的行星生命起源研究领域,针对提出的古生命遗迹的证据,许多学者对该陨石中碳酸盐岩石学、化学成分、碳酸盐小球体微结构、多环芳烃的成因、氨基酸、长石质玻璃的成因及其与碳酸盐的关系、铁的氧化态、冲击事件、细菌的矿化作用、磁铁矿形成机制和特征以及菱铁矿高温稳定性实验、地质历史、N、H、O 同位素及稀有气体、同位素年代学等进行了多学科综合研究并展开了热烈的讨论和争论,提出了一些不同的意见和相反的证据。看来这种争论将一直持续到从火星取回更多的样品,以充实各自的证据,求得一致的看法。

#### 3.2.1 碳酸盐的成因

ALH84001 为已知行星最老的岩石,为粗粒碎裂的斜方辉石岩,由斜方辉石、铬铁矿及磷灰石组成,其独特的特征之一是发现有热水成因的碳酸盐—黄铁矿组合并可保存过去生物成因活动的证据(McKay *et al.*, 1996)。在评估碳酸盐的环境时,碳酸盐的成因起着决定性的作用,现已提出三种碳酸盐的形成机制(Scott *et al.*, 1998),即在低温下渗透裂隙的富  $\text{CO}_2$  液体的沉淀作用(McKay *et al.*, 1996); 在低温或高温下渗透裂隙的富  $\text{CO}_2$  液体与斜长石、斜长石玻璃或其它硅酸盐反应(Treiman, 1995; Gleason *et al.*, 1997) 及岩石中先存碳酸盐的冲击和活化(Scott *et al.*, 1997)。Scott *et al.* (1998) 认为裂隙中的碳酸盐是由与冲击熔融斜长石共生的颗粒边界碳酸盐形成的并分散进入周围破裂的辉石内,即为冲击成因,它们不能作为在低温下并保存有火星有机物矿物学的证据。此外,根据矿物温度计,其变质温度至少为  $875^\circ\text{C}$  (Treiman, 1995) 或  $650^\circ\text{C}$  (Harvey and McSween, 1996); 目前已知地球有机物在深度为几公里,直到温度为  $113^\circ\text{C}$  的岩石内可以保存和繁殖(Sears *et al.*, 1998)。ALH84001 系来自火星高地并显示复杂的冲击历史,经历了玄武岩质岩浆—长石质玻璃—碳酸盐沉淀后 2 及 3 次小的冲击并与长石玻璃混合—岩石变形—从火星溅射等 5 次主要的冲击事件(Treiman, 1998)。根据碳酸盐及流体中化学平衡的论证(菱镁矿—白云石及方解石—白云石温度计),ALH84001 碳酸盐椭球体是在温度约为  $700^\circ\text{C}$  及  $680^\circ\text{C}$  形成的(Treiman and Romanek, 1998),这对生命是不利的。碳酸盐稳定性的实验研究也表明(Jones and Schwandt, 1998),温度高于约  $500^\circ\text{C}$  不利于含大量菱铁矿的碳酸盐稳定。

#### 3.2.2 磁铁矿的成因

磁铁矿是 ALH84001 富碳酸盐破裂带中重要组成部分,分布于碳酸盐边的富硫化物、富磁铁矿带、富玻璃脉内及呈纳米相产生于碳酸盐表面(Bradley *et al.*, 1998),偶见在高温( $500\sim 800^\circ\text{C}$ ) 下由蒸气相凝聚生长的磁铁矿晶须(whiskers),认为它们是定向连生

的磁铁矿晶体。大多数磁铁矿( $\sim 10\sim 200\text{nm}$ )具有晶面,其形态有立方、长方(22个颗粒的长为 $20\sim 80\text{nm}$ ,平均 $37\text{nm}$ ;宽 $12\sim 53\text{nm}$ ,平均 $24\text{nm}$ )、滴状、不规则状及六方晶体。Thomas-Keptra, *et al.* (1997)认为晶须的特征,不能排除其为生物成因,因现代细菌中也发现有磁铁矿晶须,但细粒磁铁矿、碳酸盐及铁的硫化物组合也可由无机高温作用形成。此外,根据 ALH84001 富铁( $\delta^{18}\text{O}$ 为 $8\text{‰}\sim 18\text{‰}$ )及富镁碳酸盐( $\delta^{18}\text{O}$ 为 $18\text{‰}\sim 22\text{‰}$ )之间氧同位素组成的变化,发现富铁碳酸盐的 $\delta^{18}\text{O}$ 值低一些且变化大,这可能是由于碳酸盐颗粒不同程度加热和去碳化作用造成的(Brearley, 1998),因此,碳酸盐中细粒磁铁矿不是由生物成因形成的,而是由含铁碳酸盐的热分解形成的。

### 3.2.3 同位素研究

ALH84001 矿物相的 H 及 S 同位素研究表明(Boctor *et al.*, 1998),三个碳酸盐的 $\delta\text{D}$ 分析为 $313\text{‰}\pm 5\text{‰}$ ;  $185\text{‰}\pm 10\text{‰}$ 及 $165\text{‰}\pm 11\text{‰}$ ,其平均 $\delta\text{D}$ 为 $221\text{‰}\pm 9\text{‰}$ ,呈自形晶产出并与单斜辉石或碳酸盐共生的白磷钙矿(可达 $800\ \mu\text{m}$ ),其 $\delta\text{D}$ 为 $201\text{‰}\pm 14\text{‰}$ 及 $287\text{‰}\pm 12\text{‰}$ ,平均为 $244\text{‰}\pm 13\text{‰}$ ;带状白磷钙矿的富 Cl 核及边分别为 $-20\text{‰}\pm 7\text{‰}$ 及 $216\text{‰}\pm 12\text{‰}$ ,白磷钙矿的 $\delta\text{D}$ 值比 Zagami 火星陨石中与火星大气平衡的火星壳水反应过的白磷钙矿( $\delta\text{D}$ 为 $4000\text{‰}$ )低得多,比 QUE94201 辉玻无球粒陨石的磷灰石( $\delta\text{D}$ 为 $1680\text{‰}\sim 3570\text{‰}$ )也低一些。ALH84001 全岩分步加热提取水并测定 H 同位素结果表明,地球污染的 H 在低温释放,而地外组分在高温释放,其较高温下的 $\delta\text{D}$ 为 $+800\text{‰}$ ,地球的 $\delta\text{D}$ 介于 $-400\text{‰}$ 及 $+100\text{‰}$ 之间,如果排除具地球氢标记富 Cl 核的 $\delta\text{D}$ 值,上述给出的 $\delta\text{D}$ 值含有固有的地外氢组分,除非地球污染很大。碳酸盐及白磷钙矿低的 $\delta\text{D}$ 值意味着它们没有与现今火星大气相互作用。

5个辉玻无球粒陨石的硫同位素比值 $\delta^{34}\text{S}$ 为 $-2.6\text{‰}$ 到 $+3.5\text{‰}$ ,类似于海底玄武岩,ALH84001 无机黄铁矿的 $\delta^{34}\text{S}$ 为 $+4.8\text{‰}$ 到 $+7.8\text{‰}$ ,碳酸盐小球体内细粒硫化物带的 $\delta^{34}\text{S}=16.0\text{‰}\pm 3.4\text{‰}$ (Greenwood *et al.*, 1997),如果细粒硫化物是硫酸盐细菌作用形成的,硫同位素应当有相当大的分馏( $-45\text{‰}\pm 20\text{‰}$ ,Nielsen, 1979),但事实并非如此,不支持 ALH84001 保存残余生物成因活动证据的假说。

碳的稳定和放射性同位素丰度测定(Jull *et al.*, 1998)表明,大多数碳是来自碳酸盐矿物小球体,余下的碳来自地球有机物质的污染,仅小部分碳(约 $8\%$ )因太老不可能是地球的污染,可能来自火星上形成的有机质或稀少的无机矿物。据此未直接反驳 McKay *et al.* (1996)火星生物活动的假说,但也没有更多地加以证实。此外,ALH84001 有机碳的含量与小行星玄武岩相同,甚至与在南极发现该类陨石相同。

### 3.2.4 多环芳烃的成因(PAHs)

PAHs 为具类似结构的化学群,如 $\text{C}_{10}\text{H}_8$ 及卫生球,它们是在细菌分解过程中形成的,但也可由其它许多途径形成,PAHs 在来自小行星带的碳质球粒陨石中是大量的,但未曾发现有生命的遗迹,且 PAHs 很容易通过人类和实验活动形成,目前尚无 PAHs 加入到陨石样品的证据。Stephan *et al.* (1998)采用场发射扫描电镜(field emission scanning electron microscope, 简称 FEG-SEM, 分辨率约为 $0.2\text{nm}$ )、时间-飞行次级离子质谱(time-flight secondary ion mass spectrometry, TOF-SIMS, 离子束直径约为 $0.2\ \mu\text{m}$ )及微探针二级激光质谱(microprobe two-step laser mass spectrometry,  $\mu\text{L}^2\text{MS}$ , 立体分辨率约

为 50 $\mu\text{m}$ ) 等技术,在排除污染的情况下分析了新鲜裂隙面,在嵌入物质中未发现存在有 PAHs,其 PAHs 峰的次级离子强度比 ALH84001 的最大值低两个数量级。此外,Bada *et al.* (1998) 分析了该陨石的氨基酸,认为所有的氨基酸是地球污染的并由南极熔融冰带来的;Becker *et al.* (1998) 认为,在 ALH84001 中所分析出的 PAHs 可能是来自南极冰和碳质球粒陨石或行星际宇宙尘 PAHs 的混合物,即无生物成因 PAHs 的明显证据。

综上所述,目前对火星陨石中是否存在过古生命遗迹尚不能肯定或者是可能性很小,从目前来看,所提出古生命遗迹证据而出现的问题比回答一些基本问题要多。对此,首先应解决化石生命的一些前提条件(Treiman,1996),如 ALH84001 是否来自火星,因人类从未到过火星并收集岩石样品,其火星成因最有力的证据是它们(包括 11 个 SNC 火星陨石)含有火星大气的气体;在火星上的 ALH84001 是否曾被液态水渗透过,因为没有液态水生命不可能形成、繁殖或幸存下来,对生命的所有化学反应,液态水起着溶剂或催化剂的作用;碳酸盐矿物小球体的年龄为 3.6Ga,它们是当火星大气比现在厚、更温暖和有大量液态水的情况下形成的,而现在的火星表面是不毛之地和寒冷的沙漠,对于生命则要求液态水。应当指出,虽然目前对火星上是否存在过古生命遗迹的问题尚无定论,但这一问题的提出开拓了探索远离地球生命起源的新领域,这也是继阿波罗登月和月球陨石的发现之后又一次引起人们关注的热门话题。今后应加强发现另一些可能的生物标记、生物出现前的有机化学体系及对其它南极陨石的研究,相信人类终将会在远离地球的太阳系行星和宇宙发现任何形式的生命。

[本文于 1998 年 11 月收到]

### 参考文献

- 林杨挺、王道德(1995);南极陨石研究的启示Ⅴ:火星陨石的研究及其宇宙化学意义,南极研究(中文版),Vol. 7, No. 4, 35—52.
- Bada JL, Glavin DP, McDonald GD and Becker L(1998); Amino acids in the ALH84001 martian meteorite. *Lunar Planet. Sci.*, 29, 1894.
- Becker L, Popp B, Rust T and Bada JL(1998); The origin of organic matter in the martian meteorite ALH84001. *Lunar Planet. Sci.*, 29, 1205.
- Boctor NZ, Wang J, Alexander CMD, Hauri E, Bertka CM, Fei Y and Humayun M(1998); Petrology and hydrogen and sulfur isotope studies of mineral phases in Martian meteorite ALH84001 (abstract). *Lunar Planet. Sci.*, 29, 1787—1788.
- Bogard DD and Johnson P(1983); Martian gases in an antarctic meteorite? *Science*, 221, 651—654.
- Bogard DD, Nyquist LE and Johnson P(1984); Noble gas contents of shergottites and implications for the Martian origin of SNC meteorites. *Geochim. Cosmochim. Acta.*, 48, 1723—1739.
- Bradley JP, McSween JrHY and Harvey RP(1998); Mechanisms of formation of magnetite in Martian meteorite ALH84001. *Lunar Planet. Sci.*, 29, 1757—1758.
- Brearley AJ(1998); Magnetite in ALH84001: Product of the decomposition of ferroan carbonate. *Lunar Planet. Sci.*, 29, 1451—1452.
- El Goresy A, Sharp TG, Wopenka B and Chen M(1998); A new very-high-pressure silica mineral for shock metamorphism and the earth's lower mantle(abstract). *Lunar Planet. Sci.*, 29, 1707—1708.
- Eugster O, Weigel A and Polnau E(1997); Ejection times of Martian meteorites. *Geochim. Cosmochim. Acta.*, 61, 2749—2757.
- Gibson EK Jr, McKay DS and Thomas-Kepria K(1998); Exobiological features within ALH84001: current observations. *Lunar Planet. Sci.*, 29, 1433—1434.
- Gladman BJ, Burns JA, Duncan M, Lee P and Levison HF(1996); The exchange ejecta between terrestrial planets. *Science*.

- 271, 1387-1392.
- Gleason JD, King DA, Hill DH and Boynton WV (1997); Petrology and bulk chemistry of Martian orthopyroxene ALH84001; implications for the origin of secondary carbonates, *Geochim. Cosmochim. Acta.*, 61, 3503-3512.
- Greenwood JP, Riciputi LR and McSween Jr HY (1997); Sulfide isotopic composition in shergottites and ALH84001, and possible implications for life on Mars, *Geochim. Cosmochim. Acta.*, 61, 4449-4453.
- Harvey RP and McSween HYJ (1996); A possible high-temperature origin for the carbonates in the martian meteorite ALH84001, *Nature*, 382, 49-51.
- Jones JH and Schwandt CS (1998); Experimental investigations of the high-temperature stability of siderite; implication for the origin of ALH84001 carbonates, *Lunar Planet. Sci.*, 29, 1425-1426.
- Jull AJT, Courtney C, Jeffrey DA and Beck JW (1998); Isotopic evidence for a terrestrial source of organic compounds found in Martian meteorites Allan Hills 84001 and Elephant Moraine 79001, *Science*, 279, 366-369.
- Leshin LA, Epstein S and Stolper EM (1996); Hydrogen isotope geochemistry of SNC (Martian) meteorites and the history of water on Mars (abstract). In: Workshop on Evolution of Martian Volatiles, Ed by Jakosky B and Treiman A, 30-31, LPI Tech. Rpt. 96-01, Lunar Institute, Houston, Texas, USA.
- Mayeda TK, Yanai K and Clayton RN (1995); Another Martian meteorite, *Lunar Planet. Sci.*, 26, 917.
- McKay DS, Gibson EK Jr, Thomas-Keptra KL, Vali H, Romanek CS, Clemett SJ, Choukroun XDF, Maechling CR and Zare RN (1996); Search for past life Mars; possible relic biogenic activity in martian meteorite ALH84001, *Science*, 273, 924-930.
- McSween HY (1985); SNC meteorites: clues to Martian petrologic evolution? *Rev. Geophys.*, 23, 391-416.
- Milkovich T, Miyamoto M and McKay GA (1998); Mineralogy of Antarctic basaltic shergottite Queen Alexandra Range 94201; similarities to Elephant Moraine A79001 (Lithology) martian meteorite, *Meteorit. Planet. Sci.*, 33, 181-189.
- Nier AO and McElroy MB (1977); Composition and structure of Mars' upper atmosphere; results from the neutral mass spectrometers on Viking 1 and 2, *J. Geophys. Res.*, 82, 4341-4349.
- Nielsen H (1979); Sulfur isotopes. In: Lectures in Isotope Geology, Ed. by Jaget E and Hunziker JC, 283-312, Springer-Verlag.
- Ott U (1988); Noble gases in SNC meteorites Shergotty, Nakha and Chassigny, *Geochim. Cosmochim. Acta.*, 52, 1937-1948.
- Owen T and Biemann K (1976); Composition of the atmosphere at the surface of Mars: detection of  $^{36}\text{Ar}$  and preliminary analysis, *Science*, 193, 801-803.
- Scott ERD, Krot AN and Yamaguchi A (1998); Carbonates in fractures of Martian meteorite Allan Hills 84001; petrologic evidence for impact origin, *Meteorit. Planet. Sci.*, 33, 709-719.
- Scott ERD, Yamaguchi A and Krot AN (1997); Petrologic evidence for shock melting of carbonates in the martian meteorite ALH84001, *Nature*, 387, 377-379.
- Sears D, Scott E and Warren P (1998); The legacy of Allan Hills 84001, *Meteorit. Planet. Sci.*, 33, 545-546.
- Stephan T, Rost D, Jessberger EK and Greshake A (1998); Polycyclic aromatic hydrocarbons in ALH84001 analyzed with time-of-flight secondary ion mass spectrometry, *Lunar Planet. Sci.*, 29, 1263-1264.
- Terribilini D, Eugster O, Burger M, Jakob A and Krabenhuhl U (1998); Noble gases and chemical composition of Shergotty mineral fractions. Chassigny and Yamato 793605: The trapped argon-40/argon-36 ratio and ejection of Martian meteorites, *Meteorit. Planet. Sci.*, 33, 677-684.
- Thomas-Keptra KL, Romanek C, Wentworth SJ, McKay DS, Fiesler D, Golden DC and Gibson EK (1997); TEM analysis of fine-grained minerals in the carbonate globules of Martian meteorite ALH84001 (abstract), *Lunar Planet. Sci.*, 28, 1433-1434.
- Treiman AH and Romanek CS (1998); Bulk and stable isotopic composition of carbonate minerals in Martian meteorite Allan Hills 84001; no proof of high formation temperature, *Meteorit. Planet. Sci.*, 33, 737-742.
- Treiman AH (1995); A petrographic history of martian meteorite ALH84001; Two shocks and ancient age, *Meteoritics*, 30, 294-302.
- Treiman AH (1996); Fossil life in ALH84001? lunar and planetary information, *Bulletin*, 80, 2-6.
- Treiman AH (1998); The history of ALH84001 revised multiple shock events (abstract), *Lunar Planet. Sci.*, 29, 1195-1196.
- Wetherill GW (1984); Orbital evolution of impact ejecta from Mars, *Meteoritics*, 19, 1-13.
- Wiens R. C., Becker R. H. and Pepin R. O. (1986); The case for a martian origin of shergottites I. trapped and indigenous gas components in EET79001 glass, *Earth Planet Sci. Lett.*, 91, 55-65.



## INSPIRATION FROM STUDY OF ANTARCTIC METEORITES IX : EJECTION AND DELIVERED TIMES OF MARTIAN METEORITES AND REVIEW FOR TRACES OF ANCIENT MARTIAN LIFE

Wang Daode

(Guangzhou Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510640, China)

### Abstract

The study of noble gas isotopes of Martian meteorites indicates at least five different impact events of 12 Martian meteorites within and up to 15 million years were occurred on the Martian surface and were ejected from the Martian crust material. Their ejection times were 0.8Ma, 2.76Ma, 3.84Ma, 11.0Ma and 14.4Ma respectively. Among 12 Martian meteorites Chassigny Martian meteorite is chemically distinct from the nakhlites its ejection age is 11.6Ma. If the Chassigny event is not related to the nakhlite, the number of the impact events should be six. McKay *et al.* (1996) give evidence that Martian bacteria have lived in the Martian meteorite Allan Hills 84001. But many scientists presented some counter-evidence about the traces of ancient Martian life. Based on the comprehensive study of Martian meteorite Allan Hills 84001, up to now the question that whether or not it contains evidence of traces of ancient Martian life is uncertain or it leaves many unanswered questions, or the possibility of existence of ancient Martian life is very small.

**Key words** Mars, Martian meteorite, meteorite, Martian fossil life.

**作者简介** 王道德,男,1932年生。1960年原苏联科学院研究生毕业并获地质矿物学副博士学位,现为中国科学院广州地球化学研究所研究员。主要从事陨石及天体化学的研究。