

陨石分类研究进展及其地学意义

侯渭 谢鸿森 周文戈

(中国科学院地球化学研究所, 贵州 贵阳, 550002)

摘要:近40年来陨石分类学经历了3个发展阶段:60~70年代,由根据陨石的矿物结构的分类方法发展为球粒陨石的化学—岩石学分类法和铁陨石的化学群分类法;70~80年代,提出了分异型陨石和未分异型陨石的概念。球粒陨石被认为是未分异型陨石,而其它陨石(铁陨石、石铁陨石和无球粒陨石)大多被划入分异型陨石;80~90年代以来,陨石氧同位素组成成为了陨石成因分类的一个主要依据,使陨石分类学进入了一个新的成因分类阶段。作者对80~90年代以来新确立的R群、K小群、CR群和CK群球粒陨石,以及根据氧同位素划分出的原始型无球粒陨石系列:A-L无球粒陨石、Winonaites无球粒陨石和Brachinites无球粒陨石进行了介绍。笔者对陨石研究和陨石分类学的发展在估算地球整体成分、探讨地球成因和早期演化历史方面的重要意义进行了说明,并建议地球学家应对陨石学和陨石分类的发展现状给以关注。

关键词:陨石分类;球粒陨石化学群;陨石氧同位素

中图分类号:P588

文献标识码:A

文章编号:1000-7849(2001)01-0025-05

20世纪60年代以来陨石学发展迅速。从1969年以来所收集到的南极陨石已近2万块,其中日本南极考察队所收集的陨石在13000块以上。在发现和收集大量南极陨石之后,沙漠又成为收集陨石的重要地区,在非洲和澳大利亚沙漠中收集到的陨石已超过1000块以上^[1-4]。与此同时,以登月为标志的行星探测初获成功,从月球岩石的收集和研究中获得了月球物质组成和演化的资料。在此基础上,从大量南极无球粒陨石中区别出了月球陨石,对陨石的成因和来源有了新的认识。月岩样品的收集和研究还刺激了取样技术、防止地球污染技术和分析测试技术的发展。这些先进技术在陨石研究中的应用,也促进了陨石研究的发展。

1 陨石分类学的三次跨越

1.1 从矿物结构分类到化学群

60年代以前,陨石学一直沿袭着以矿物结构为主的分类方法。根据陨石中含金属Fe-Ni和硅酸盐矿物的比例,将陨石分为石陨石、铁陨石和石铁陨石三大类,再根据结构构造特征将石陨石分为球粒陨石和无球粒陨石。根据矿物组成并结合化学成分,将球粒陨石和无球粒陨石再细分为若干小类,而铁陨石则主要依据结构再作进一步的划分。这种分类方

法前后由Prior和Mason进行了系统化和统一命名^[5]。60~70年代,在前人工作的基础上,Wasson^[6]和van Schmus等^[6]分别建立了铁陨石化学群的分类方法和球粒陨石的化学—岩石学分类方法。后者主要根据化学参数 $n(\text{Fe}_{\text{全铁}})/n(\text{SiO}_2)$ 、 $n(\text{FeO})/n(\text{Fe}_{\text{全铁}})$ 、橄榄石的 F_c 值 $\{[n(\text{FeO})/[n(\text{FeO})+n(\text{MgO})]]\}$ 、 $n(\text{SiO}_2)/n(\text{MgO})$ 将球粒陨石划分为E、H、L、LL和C等化学群,再根据陨石中矿物成分和结构关系将每一个化学群分为6个岩石类型。化学群符号右下角标出的数字代表岩石类型,如H₅、L₄等。铁陨石的化学群主要是依据陨石中Ni、Ga、Ge、Ir的含量,以及它们之间的相关关系进行分群的。依据这种方法铁陨石被分为I、II、III、IV 4个大群,15个化学群。

实际应用中发现,在van Schmus等^[6]划分的碳质球粒陨石各岩石类型之间,成分差别大,因此C群又被分为若干化学群,如CV、CO、CM、CI等化学群,而很少使用标有岩石类型(如C₁、C₂、C₃)的分类方法。对E群的研究发现E₃₋₅和E₆在化学成分上有大的差别,因而将E群分为EH和EL两个化学群^[7]。通过球粒陨石化学群和岩石类型的划分能基本判断其形成环境的氧化—还原环境(从E→H→L→LL→C群,形成环境由低氧逸度到高氧逸度)和在陨石母体中的位置及其热历史(由1型至6型,陨

收稿日期:2000-08-15

编辑:黄秉艳

基金项目:国家自然科学基金重点资助项目(10032040)

作者简介:侯渭,女,1942年9月生,研究员,主要从事陨石学天体化学和地球深部物质科学研究

石在母体中深度加大,热变质程度加深)。铁陨石不同化学群中挥发性元素 Ge, Ga 和中等挥发性元素 Ni 及难熔元素 Ir 在丰度上的差异和相关性反映了它们形成环境的化学分馏程度的不同。

1.2 成因分类机制的引进

Wasson^[5]首先提出了分异型富硅酸盐陨石的观念,认为这些陨石是行星中的岩石经熔融—结晶形成的。将所有的无球粒陨石和石铁陨石,以及 IA, IB 和 IE 铁陨石中的硅酸盐岩包体都划归为此类陨石中。当时, Wasson 指出顽火辉石无球粒陨石和中铁陨石分异成因的证据不够充分,但从岩石学和化学特征方面还应划归此类。

Dodd^[6]沿用了分异陨石的观念,明确把除球粒陨石以外的所有陨石——铁陨石、石铁陨石和无球粒陨石都划归此类。并根据矿物学特点和微量元素分配等方面的相似性,确定了一些有成因联系的分异陨石的成岩组合,如 eucrite 成岩组合(包括古铜钙长无球粒陨石、钙长辉长无球粒陨石、奥长古铜无球粒陨石和中铁陨石,前三者被简称为 HED)、IAB 铁陨石—橄辉铁主群组合等。其余的分异型陨石则均被归入未组合的分异陨石中。

Wasson^[9]根据铁陨石各化学群微量元素的分配特点,认为一部分铁陨石(IAB、IIAB、IVA 化学群)是岩浆成因的,另一部分铁陨石(IAB、IICD 化学群)是非岩浆成因的,它们分别被称为岩浆型铁陨石和非岩浆型铁陨石。

根据氧同位素组成和年龄测定结果确定了一组无球粒陨石(简称 SNC)为来自火星的陨石。它们包括了辉熔长无球粒陨石、透辉橄无球粒陨石和纯橄无球粒陨石^[9]。这组陨石原先被认为是特殊的 HED 陨石,后来曾被 Dodd^[6]划归到未组合的分异陨石中。此外,还通过与月岩样品氧同位素的比较确定了十多个南极无球粒陨石是来自月球的陨石^[10]。

1.3 陨石氧同位素异常的发现与陨石的氧同位素成因系列

氧是一个轻元素,它的 3 个稳定同位素(¹⁶O, ¹⁷O, ¹⁸O)在平衡过程和动力学过程中发生质量分馏。长期以来,认为太阳星云的氧同位素组成是均匀的,在行星和陨石形成、演化过程中只发生同位素的质量分馏。因此在 $\delta(^{17}\text{O})-\delta(^{18}\text{O})$ 图上,太阳系所有的样品(不包括太阳)的 $\delta(^{17}\text{O})$ 和 $\delta(^{18}\text{O})$ 的值都应落在一个斜率为 0.52 的质量分馏线上; $\delta(^{17}\text{O}_{\text{地球}}) = 0.52\delta(^{18}\text{O}_{\text{地球}})$,这个分馏线被称为地月分馏线(简称 TF 线)。然而,对陨石氧同位素的分析发现,与地球和月球的氧同位素数值比较,CO、CV 等碳质球粒陨石中富钙铝包体的氧同位素极端富¹⁶O,在

$\delta(^{17}\text{O})-\delta(^{18}\text{O})$ 图上位于 TF 线左下方,组成了一条斜率近似为 1 的直线,这条线简称为 CAI 线^[11]。这一发现对传统观念的冲击很大,因此把它们称为陨石的氧同位素异常。此后,大量分析结果表明,几乎所有陨石的氧同位素数据都不在 TF 线上。可见,所谓的“陨石氧同位素异常”只是相对于地球而言。

为了解释上述现象,Clayton^[11,12]提出了混合模式,认为太阳系以外极富¹⁶O 物质的混入是引起陨石氧同位素异常的原因。此后,科学家们企图在陨石中寻找来自太阳系以外的极富¹⁶O 的颗粒,以进一步证明混合模式的合理性。然而,研究发现,在陨石中发现的前太阳颗粒(根据其它同位素异常确定为太阳系以外成因的)都不富¹⁶O,有的甚至是富集¹⁸O 而贫¹⁶O^[12]。为此,有的学者又从太阳系内部寻找产生陨石氧同位素异常的原因,例如,Thiemens^[13]指出,如果太阳星云中存在非平衡条件下某些气体的化学反应,可能会产生类似于 CAI 线的氧同位素分馏现象。这种观点虽然有一些实验依据,但目前还没有被多数学者接受。尽管陨石氧同位素的成因问题目前还没有解决,但实际上大家已经公认了以下的事实:陨石和行星的来源——太阳星云的氧同位素组成是不均匀的,陨石和行星的形成、演化过程也不一定都与地球相同。基于这一理念,近十多年来氧同位素组成已经成为陨石分类的重要参数,例如 R、K、CR、CK 等新的球粒陨石化学群的划分都与其独立的氧同位素组成有关。Clayton 等^[10]根据陨石氧同位素特征,划分出若干个成因系列,还将原先划归为分异陨石的一些无球粒陨石确定为原始型陨石。

总之,由于氧同位素参与了陨石分类,使陨石分类学进入了更高水平的成因分类阶段。

2 近年来确定的新的球粒陨石化学群

2.1 R 群球粒陨石和 K 小群球粒陨石

R 群和 K 小群是 80~90 年代以来才确定的新的非碳质球粒陨石化学群。R 群目前有陨石 10 个,由该群唯一观察到降落的 Rumuruti 陨石(1934 年陨落肯尼亚)而命名。5 个陨石以上才能确定为群,5 个以下称为小群。K 小群球粒陨石目前只有 3 个陨石,由 1890 年降落于印度的 Kakangari 陨石而命名,其它两个陨石均为发现陨石^[15]。

R 群球粒陨石含金属 Fe-Ni 极少,在 Rumuruti 陨石中统计金属 Fe-Ni 含量为 0.005%。硅酸盐矿物主要是富铁的橄榄石, F_2 为 37%~40%,还有少量的低钙辉石。硫化物较丰富($w_S=11\%$)主要为磁黄铁矿和镍黄铁矿,表明形成环境具有高的氧逸度。

球粒与基质的体积比为 0.2~1.1, 体积比为 1.1 的是 R 群中唯一不具有角砾结构的 Carlisle Lakes 陨石。球粒的粒度较小, 平均为 0.4 mm。根据这些基本特征, R 群属于具有高氧逸度的非碳质球粒陨石。表明此群形成时的氧逸度介于普通球粒陨石和碳质球粒陨石之间^[16]。

K 小群球粒陨石的金属 Fe-Ni 含量(φ_B 为 6%~10%)与 H 群球粒陨石接近。硅酸盐矿物富镁, Kakangari 陨石橄榄石的平均 $F_0=2.2\%$, 辉石的 $F_0=4.4\%$ 。基质中硅酸盐比球粒更加富镁[辉石的 F_0

$=3.0\%$], 表明其形成的氧逸度低于 H 群而高于 E 群。球粒(以及球粒碎片)与基质的体积比为 0.3~0.4。球粒粒度平均为 0.25~0.50 mm, 最大的可达 5.3 mm^[17]。

表 1 列出了包括 R 群陨石和 K 小群陨石在内的所有非碳质球粒陨石各群的主要参数值。从表 1 可以看出, 从 EH 到 R, 氧逸度由低至高, 前 4 行参数基本上按顺序变化, 后 4 行参数变化比较复杂, 说明除氧逸度外, 还有其它因素造成了这些化学群的差异。

表 1 非碳质球粒陨石的各种参数^[17]

Table 1 Parameters of non-carbonaceous chondrites

参 数	EH	EL	K	H	L	LL	R
氧逸度变化	低 → 高						
金属 $\varphi_B/\%$	10.1	10.2	8.3	8.4	4.1	2.0	<0.1
橄榄石/辉石	<0.1	<0.1	0.4	1.4	2.1	3.6	16.9
橄榄石 $F_0/\%$	0.4	0.4	2.2	19.3	25.2	31.3	38.0
辉石 $F_0/\%$	0.3	0.3	4.4	10.8	20.9	25.2	nd
基质含量 $\varphi_B/\%$	<0.1	<0.1	60	10-15	10-15	10-15	30
全岩 $w(\text{Mg})/w(\text{Si})$	0.68	0.81	0.94	0.89	0.78	0.75	0.72
$w(\text{Al})/w(\text{Si})$	0.58	0.67	0.86	0.80	0.78	0.75	0.70
氧同位素 $\delta(^{17}\text{O})/\%$	-0	-0	-1.6	0.7	1.1	1.3	2.7

2.2 CR 群和 CK 群碳质球粒陨石

CR 群陨石是以 Renazzo (1824 年陨落意大利) 而命名的, 最初 Weisberg 等^[18]将 8 个碳质球粒陨石确定为 CR 群陨石。后来, Weisberg 等^[19]将其扩大为 CR 族。CR 族由 5 个组(群)的 21 个陨石组成。CR 族的成分和结构特点具有双重性。一方面, 陨石中有含水矿物存在, 除基质(以及黑包体)有含水矿物外, 球粒也遭受过含水矿物不同程度的交代, 表明陨石形成时在太阳星云中有水化作用发生。全岩氧同位素在 $\delta(^{17}\text{O})-\delta(^{18}\text{O})$ 图上可拟合成一条斜率约为 0.7 的直线, 位于地球分馏线之下和 CM 线之上^[20]。比较球粒和基质的氧同位素, 发现基质明显比球粒富重氧同位素。这些特点决定它们属于碳质球粒陨石。另一方面此类陨石又都含有相当多的球粒(φ_B 为 40%~70%)和相当丰富的金属 Fe-Ni 和硫化物(φ_B 为 7%~60%); 无水硅酸盐矿物的 FeO 含量低, 橄榄石的 F_0 和辉石的 F_0 的标准化值为 1%~4%, 这些特点又与顽火辉石球粒陨石类似。这些成分和结构特点表明, CR 群陨石的无水矿物在类似 E 群球粒陨石的还原条件下凝聚形成后, 又在与碳质球粒陨石类似的低压、低温和氧化环境下遭受星云水化作用^[21]。

CK 群陨石以 Karoonda 命名, 所有的 CK 陨石都受到了热变质作用, 为 4~6 型, 一些陨石包含有冲击脉。所有的陨石都显示出不同程度的变黑, 可能

是由硅酸盐中的极细粒分散状的硫化物和磁铁矿颗粒造成的。难熔的亲石元素丰度(为 CI 群丰度的 1.21 倍)类似于 CO 和 CV 群碳质球粒陨石; 挥发性元素模式类似 CV 群, 但比 CV 群低。氧同位素与 CV 和 CO 群接近。因此认为 CK 群陨石是一个与 CV 和 CO 群接近的、新的碳质球粒陨石化学群^[15]。

2.3 特殊球粒陨石——Kaidun 陨石的发现

Kaidun 陨石于 1980 年 10 月 3 日落于也门。该陨石具有角砾状构造, 它的主体是 CR 陨石, 其中包裹了顽火辉石球粒陨石(EL、EH)的角砾, 以及 CM、CI、R 群球粒陨石的角砾。对于每一种角砾, 其成分也有变化^[22~24]。Kaidun 陨石所具有的这种特殊组成, 使陨石学家对于其类型的划分和成因解释都深感困惑, 至今没有统一的意见。Ivanov^[24]认为 Kaidun 陨石可能是位于太阳系非常偏心的轨道上的星体, 这种星体像一个拖网通过整个太阳系的不同区, 吸附和保存了在太阳系所遇到的各类物质。

3 陨石氧同位素成因系列

在 $\delta(^{17}\text{O})-\delta(^{18}\text{O})$ 图上, 陨石和行星样品的氧同位素与 TF 线的关系大致有 3 类: ①在 TF 线上, 完全与 TF 线重合, 如月岩, 说明月球源区(源区即太阳星云某处, 以下同)的氧同位素与地球相同, 月球也经历了与地球相似的氧同位素的质量分馏过程

(指行星形成后经历过熔融和同位素均一化的过程,以下同);②不在 TF 线上,但在与 TF 平行的分馏线上,如火星陨石,说明火星源区的氧同位素与地球不同,但火星经历了与地球相似的氧同位素的质量分馏过程;③分馏线(或延长线)与 TF 相交,如所有的碳质球粒陨石,说明它们源区的氧同位素与地球不同,也没有经历过与地球相似的氧同位素的质量分馏过程。根据以上观点,可将陨石和行星划分为若干成因系列(主要依据 Clayton 等^[20,26]的资料,笔者作了一些归纳)。

(1)分异型陨石(以及行星)包括了以下成因系列:①地球-月球;②火星陨石;③HED 无球粒陨石-中铁陨石-橄榄陨铁主群-ⅡAB 铁陨石-普通辉石无球粒陨石。

(2)原始型陨石包括了所有的球粒陨石群,其中有两个群的球粒陨石与铁陨石可以组成成因系列:①H 球粒陨石-IE 铁陨石;②L(或 LL)球粒陨石-NA 铁陨石。

(3)原始型陨石还包括以下主要由无球粒陨石组成的成因系列:①顽火辉石无球粒陨石-顽火辉石球粒陨石;②橄辉无球粒陨石;③A-L 无球粒陨石;④Winonaites 无球粒陨石-ⅠAB-ⅢCD 铁陨石;⑤Brachinites 无球粒陨石。

对上述在中文文献中出现不多的几个原始型无球粒陨石作简要说明。①A-L 无球粒陨石是 acapulcoite-lodranite 无球粒陨石的简称,这两类无球粒陨石在化学成分上非常相似,都含较多的金属 Fe-Ni,硅酸盐矿物的 $n(\text{FeO})/[n(\text{FeO})+n(\text{MgO})]$ 的比值介于 E 和 H 球粒陨石之间。lodranite 陨石过去曾被译为橄榄古铜陨铁^[25](属于石铁陨石)。它们的主要区别是 acapulcoite 陨石颗粒较细, lodranite 陨石颗粒较粗^[26~29]。②Winonaites 无球粒陨石的矿物组成与 ⅠAB 铁陨石中的硅酸盐包体接近,硅酸盐矿物的 $n(\text{FeO})/[n(\text{FeO})+n(\text{MgO})]$ 的比值也在 E 和 H 球粒陨石之间(1~10),更靠近 E 群^[30]。③Brachinites 无球粒陨石富含橄榄石(74%~98%),矿物组合近似于球粒陨石,具等粒结构,硅酸盐矿物的 $n(\text{FeO})/[n(\text{FeO})+n(\text{MgO})]$ 的比值较高,接近 L 群球粒陨石^[30]。

根据 CI 陨石的元素丰度和结构已确定 CI 陨石是陨石母体没有经过分异的、最接近原始太阳星云成分的陨石。对于 CI 陨石的全岩氧同位素数据落在 TF 线的延长线上的原因,目前还没有明确的解释。此外,顽火辉石球粒陨石和顽火辉石无球粒陨石的全岩氧同位素数据也落在 TF 线上,而顽火辉石球粒陨石中球粒的氧同位素形成了斜率为 0.7 的分馏

线与 TF 线相交。还根据顽火辉石球粒陨石和顽火辉石无球粒陨石在微量元素方面的特点,认为它们是未发生分异的陨石。

4 陨石分类研究的地球科学意义

陨石特别是球粒陨石已经被公认是太阳星云早期演化的产物,因而也是唯一与原始地球相近的地外物质。随着陨石分类的发展,估算地球整体成分所选用的陨石的成分数据不同,估算结果也在变化。50~70 年代估算地球整体成分时使用过的陨石成分数据主要是碳质球粒陨石的、普通球粒陨石的,也有普通球粒陨石+碳质球粒陨石+铁陨石的^[21,32]。80 年代 Wasson^[9]提出与地球成分最接近的陨石是 H 群球粒陨石和 ⅠAB 球粒陨石(是一种假定与 ⅠAB 铁陨石硅酸盐包体成分相同的球粒陨石)。90 年代, Javoy^[33]认为顽火辉石球粒陨石是唯一的氧同位素和氧化还原条件与地球接近的陨石,并提出了一个代表地球整体成分的顽火辉石球粒陨石模式。侯涓等^[34]认为原始地球由以下物质组成:顽火辉石球粒陨石+顽火辉石无球粒陨石+CR 球粒陨石+铁陨石,并对地球中这些物质的相对比例进行了估算。

目前关于太阳星云的凝聚过程,以及行星的吸积形成过程都还存在多种不同观点。因此关注陨石分类学的发展,了解新陨石的特点对于我们最终认识地球的形成和初期演化是非常必要的。

参考文献:

- [1] Takeo H. *Catalog of the Antarctic Meteorites*[M]. Tokyo: National Institute of Polar Research. Sasaki Printing and Publishing Co., Ltd., 1995. 1:78, 199-206
- [2] Kojima H., Kaiden H., Yada T. *Antarctic meteorite research*[J]. Antarctic Meteorite Research -- National Institute of Polar Research, Tokyo, 2000, 13: 1-8
- [3] 王道德. 中国陨石导论[M]. 北京: 科学出版社, 1993. 50
- [4] 林杨挺, 王道德. 沙漠陨石[J]. 地质地球化学, 1994, (3): 43-48
- [5] Wasson J T. *Meteorites Classification and Properties*[M]. N. Y.: Springer-Verlag, 1974. 29-38
- [6] van Schmus W R., Wood J A. A chemical-petrologic classification for the chondritic meteorites[J]. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 1967, 31: 747-765
- [7] Keil K. Enstatite meteorites and their parent bodies[J]. *Meteoritics*, 1989, 24: 195-208
- [8] Dodd R D. *Meteorites: A Petrologic-Chemical Synthesis*[M]. Cambridge: Cambridge University Press, 1981. 192-235
- [9] Wasson J T. *Meteorites: Their Record of Early Solar-System History*[M]. New York, W. H. Freeman and Company, 1985. 76-224
- [10] Clayton R N., Mayeda T K. Oxygen isotope studies of achondri-

- tes[J]. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 1996, 60(11): 1999—2017
- [11] Clayton R N, Grossman L, Mayeda T K. A component of primitive nuclear composition in carbonaceous meteorites[J]. *Science*, 1973, 182: 485—488
- [12] Clayton R N, Mayeda T K. Correlated oxygen and magnesium isotopic anomalies in Allende inclusions (1): oxygen[J]. *Geophys. Res. Lett.*, 1977, 4: 295—298
- [13] Choi B G, Huss G R, Wasserburg G J. Presolar corundum and spinel in ordinary chondrites: origins from AGB stars and a supernova[J]. *Science*, 1998, 282: 1284—1289
- [14] Thiemens M H. Mass-independent isotopic effects in chondrites: the pole of chemical processes[A]. In: Hewins R H, Jones R H, Scott E R D. *Chondrules and the Protoplanetary Disk*[C]. Cambridge: Press Syndicate of the University of Cambridge, 1996: 107—118
- [15] Kallemeyn G W, Rubin A E, Wasson J T. The compositional classification of chondrites (V); the Karoonda (UK) group of carbonaceous chondrites[J]. *GCA*, 1991, 55: 881—892
- [16] Kallemeyn G W, Rubin A E, Wasson J T. The compositional classification of chondrites (W); the R chondrite group[J]. *GCA*, 1996, 60: 2243—2256
- [17] Weisberg M K, Prinz M, Clayton R N, et al. The K (Kakangari) chondrite group[J]. *GCA*, 1996, 60(21): 4253—4263
- [18] Weisberg M K, Prinz M, Clayton R N, et al. The CR (Renazzo-type) carbonaceous chondrite group and its implications[J]. *GCA*, 1993, 57: 1567—1586
- [19] Weisberg M K, Prinz M, Clayton R N. The CR chondrite clan[J]. *Proceedings of the NIPR Symposium on Antarctic Meteorites*, 1995, 8: 11—32
- [20] Clayton R N. Oxygen isotopes in meteorites[J]. *Annu. Rev. Earth Planet. Sci.*, 1993, 21: 115—149
- [21] Kallemeyn G W, Rubin A E, Wasson J T. The compositional classification of chondrites (W); the CR carbonaceous chondrite group[J]. *GCA*, 1993, 58: 2873—2888
- [22] Zolensky M E, Ivanov A V, Yang V, et al. The Kaidun meteorite: mineralogy of an unusual CMI lithology[J]. *Meteoritics & Planetary Science*, 1996, 31: 484—493
- [23] Sears D. From the Editors: is Kaidun really the rosetta stone? [J]. *Meteoritics & Planetary Science*, 1996, 31: 545—544
- [24] Ivanov A V. The Kaidun meteorite: space trawl? [J]. *Meteoritics & Planetary Science*, 1997, 32(suppl. 1): A65—A66
- [25] 《英汉综合地质词汇》编订小组. 英汉综合地质词汇[M]. 北京: 科学出版社, 1975: 213
- [26] Mittlefehldt D W, Lindstrom M M, Bogard D D, et al. Acapulco- and Lodran-like achondrites: petrology, geochemistry, chronology, and origin[J]. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 1996, 60(5): 867—882
- [27] McCoy T J, Keil K, Clayton R N, et al. A petrologic and isotopic study of lodranites: evidence for early formation as partial melt residues from heterogeneous precursors[J]. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 1997a, 61(3): 623—637
- [28] McCoy T J, Keil K, Muenow D W, et al. Partial melting and melt migration in the acapulcoite-lodranite parent body[J]. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 1997b, 61(3): 639—650
- [29] Zipfel J, Palme H, Kennedy A K, et al. Chemical composition and origin of the Acapulco meteorite[J]. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 1995, 59(17): 3607—3627
- [30] Nehruet C E, Prinz M, Weisberg M K, et al. Brachinites, a new primitive achondrite group[J]. *Meteoritics*, 1992, 27: 267
- [31] 林伍德 A E (杨美娥, 何永年, 晋怀济, 等译). 地幔的成分与岩石学[M]. 北京: 地质出版社, 1981: 109—111
- [32] 默西 (Murthy) V R (陈庆宜, 孙光, 伍希正, 等选译). 地核的成分和地球早期化学史, 早期的地球[M]. 北京: 地质出版社, 1987: 45—55
- [33] Javoy M. The integral enstatite chondrite model of the Earth[J]. *GRL*, 1995, 22(16): 2219—2222
- [34] 侯渭, 欧阳自远, 谢鸿森, 等. 太阳星云凝聚过程的岩石学模型 (Ⅱ): 类地行星区星云凝聚作用和地球原始成分的估算[J]. 岩石学报, 1996, 12(3): 471—477

DEVELOPMENT OF STUDIES ON METEORITE TAXOLOGY AND ITS SIGNIFICANCE IN EARTH SCIENCE

Hou Wei Xie Hongsen Zhou Wenge

(Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guiyang Guizhou China, 550002)

Abstract: In recent 40 years, meteorite taxology has undergone three development stages. In the 1960—1970s, chemical-petrologic classification of chondrites and chemical classification of iron meteorite were established. In the 1970—1980s, achondrites, stony irons and irons were considered to be from differentiated meteorite bodies. In the 1980—1990s, the oxygen isotopic compositions of meteorites were taken as an important foundation for meteorite classification, so meteorite taxology entered a new original classification stage. In this paper, R chondrite, K chondrite, CR chondrite and CK chondrite are reported to be new chemical groups distinguished in recent 20 years, and A-I achondrite, Winonaite achondrite and Brachinite achondrite, to be primitive achondrites based on the oxygen isotopic compositions. Finally, significance of meteorite classification in earth science is discussed, calling earth scientists to pay attention to the developments on meteoritics and meteorite taxology.

Key words: meteorite taxology; chemical-petrologic of chondrite; oxygen isotopic of meteorite