

# 深海沉积物中含金黄色 Ni-Fe 核心铁质宇宙球粒的发现

彭汉昌 陆康

(国家海洋局第一海洋研究所, 青岛)

刘正坤

(湖南省有色金属研究所, 长沙)

庄世杰

(中国有色金属工业总公司矿产地质研究院, 桂林)

**提要** 笔者在大洋锰结核调查中,从采自北太平洋(158—178°W, 7—11°N)深海底数千粒铁质宇宙球粒中的少数自然破裂后的球粒里,发现了十余粒金黄色 Ni-Fe 核心。本文主要对其颜色、光泽、形态、大小等物理特征以及结构与相应的化学成分等作了较为详细的分析,认为核心之特殊结构和 Ni 元素的实际含量是判断球粒起源的重要标志,并指出:大量铁质宇宙球粒不具核心,不含或只含微量的 Ni; 而含 Ni-Fe 核心球粒或富 Ni 球粒可能来自铁陨星或铁-石陨星的富 Ni 部分。这一发现对进一步探讨球粒起源、形成机制等具有重要意义。

作为深海铁质宇宙球粒重要判据之一的 Ni-Fe 核心,多半是在探针分析时从磨出的光面中发现的<sup>[1]</sup>,对赋存在某些铁质宇宙球粒中的 Ni-Fe 核心之颜色、光泽、形态、大小等物理特征及其相应的化学成分特征,目前尚未见报道。笔者从采自北太平洋深海底数千粒铁质宇宙球粒中的少数自然破裂后的球粒里,发现了十余粒金黄色 Ni-Fe 核心,并作了重要分析。

调查区位于夏威夷群岛之西南,为一海盆地,平均水深为 5000 m 左右,最深为 6500 m。其西南临近麦哲伦海隆,最浅约 3000 m,东北部濒圣诞岛海脊,个别采样点的水深仅有 1500 m。区内沉积物可分为红粘土、硅-钙质软泥和钙质软泥三类。红粘土主要由碎屑矿物、粘土矿物、鱼骨和微体古生物遗骸组成,含较多的宇宙球粒;硅-钙质软泥主要由硅质和钙质生物壳体组成,含少量的碎屑矿物、鱼骨和显微锰结核,大部分站位样品中的宇宙球粒含量都很低;钙质软泥亦称有孔虫软泥,主要由有孔虫壳体组成,含微量碎屑矿物、鱼骨和显微锰结核,宇宙球粒的含量非常低。

## 一、球粒的采集

主要是从各类沉积物中分离出来的,即将泥样在船实验室里置于高压水下,过 0.06 mm 铜筛冲洗去泥,收入筛上和筛下(部分)的砂样,烘干后备作鉴定样品。若为红粘土,因含少量微体生物壳体,故可直接在 50—60 倍实体显微镜下进行球粒挑选。若为硅-钙

质软泥或钙质软泥,因含大量生物壳体,故可先用三溴甲烷重液进行分离,把得到的少量重碎屑置于实体显微镜下,即能很快地挑选出铁质和硅酸盐质两种球粒;对于轻碎屑,可先用5—10%盐酸溶液溶掉生物壳体(往往需反复多次),然后从中挑选出玻璃球粒。这些工作亦可回陆地实验室从容进行。

## 二、显微特征

在实体显微镜下,铁质宇宙球粒清晰地显为黑色或褐黑球状、椭球状、钮扣状、泪滴状、乳状或其他不规则形态,但以球状颗粒为主(图版 I:1)。其中,钮扣状形态比较常见和特殊,即在球体上有一平面,其上有许多同心环状结构,暗示此球粒形成时(熔融状态)处于运动和旋转状态。据统计,此种球粒在某些站位中,其含量可占铁质宇宙球粒的10%以上。

铁质宇宙球粒的粒径大小不一,最小为70  $\mu\text{m}$ (因铜筛孔径为60  $\mu\text{m}$ ,故会有更小者被筛选掉),最大为1 mm(产于锰结核中),平均粒径为145.7  $\mu\text{m}$ (统计数为215粒)。铁质宇宙球粒都具有强磁性质,在镜下若用铁质挑针靠近球粒,它会飞向针尖并粘于其上。

从自然破裂后的铁质宇宙球粒中裸露出来的金黄色核心,经能谱分析表明,Ni元素高度富集于核心之中,电子探针分析进一步证明了这一点。因核心中富Ni,Co,Au等,故被称为“Ni-Fe核心”。这是任何地球污染球粒所没有的特殊结构,它被视为判别球粒来源的重要标志。金黄色Ni-Fe核心,有的为滚圆球粒,有的为椭球粒或扁球状,大小约为整个铁球的1/8—1/4。核心并不居于球体中心,而偏向其一侧,即谓之偏二重结构。钮扣形铁质球粒多半具有金黄色Ni-Fe核心,其核心多靠近钮扣形平面处。由于Ni-Fe核心的硬度明显大于包围它的外壳硬度,因此当球体破裂之后,核心常常脱落出来(图版 I:2)。

## 三、结构和化学成分

### 1. 扫描电子显微镜分析

利用扫描电子显微镜对含金黄色Ni-Fe核心铁质宇宙球粒进行了结构和化学成分分析。图版 I:3为一鸡卵形含金黄色Ni-Fe核心铁质宇宙球粒的二次电子象(先在实体显微镜下观察),自然破裂后核心裸露在外,其表面非常粗糙(有的则比较光滑,但有气体逸出时留下的孔道),核心与外壳之间因有收缩形成的裂缝,所以破裂之后容易脱落。图版 I:4为同一球粒的X射线Ni K $\alpha$ 面分布象,Ni元素恰好高度富集在球粒的核心部位。将此球粒自电镜样桩上取下,再制成探针分析样桩进行测定,结果表明,其Ni-Fe核心中Ni的实际含量高达79.1%,外壳中的Ni含量则为2.17%。Ni元素的含量成为判定球粒起源的另一重要标志。正如Marvin<sup>[9]</sup>,Fechtig及Utech<sup>[3]</sup>所指出的那样,当陨石烧熔时,Ni元素高度富集于金属相中,而不在氧化物相中。这与电子探针在磨制的含核心球粒断面中测定元素含量分布情况一致<sup>[2]</sup>。任何地球污染球粒不可能形成具钮扣形特征和含金黄色Ni-Fe核心的特殊球粒。需要指出的是,并非所有深海铁质宇宙球粒都含核心和一定量的Ni,大量铁质宇宙球粒不具核心,不含或只含微量的Ni。这是由于其母体物质(如陨星体)成分不均匀而造成的,其中,含Ni-Fe核心球粒或富Ni球粒可能来自铁陨星或铁-

石陨星的富 Ni 部分。

## 2. 电子探针分析

用电子探针再对金黄色 Ni-Fe 核心铁质宇宙球粒作进一步化学成分测定, 结果列于表 1。

表 1 金黄色 Ni-Fe 核心铁质宇宙球粒的电子探针分析结果(重量%)

样号	部位	氧 化 物									金 属					备注
		MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	CaO	TiO <sub>2</sub>	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	MnO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> <sup>1)</sup>	Fe	Co	Ni	Cu	Au	
M <sub>2-5</sub>	外壳	微	微	微	0.02	微	微	微	0.51	94.56	— <sup>2)</sup>	0.21	2.17	微	微	图版
	核心	微	微	微	0.16	微	微	微	0.14	—	19.96	1.05	79.10	微	微	I:3,4
M <sub>12-21</sub>	外壳	—	—	—	—	—	—	—	—	—	72.69	0.21	0.43	—	—	图版
	核心	—	—	—	—	—	—	—	—	—	46.26	1.89	52.29	—	—	I:5,6
M <sub>20</sub>	外壳	—	—	—	—	—	—	—	—	—	68.02	0.43	1.01	—	—	图版
	核心	—	—	—	—	—	—	—	—	—	70.12	0.55	28.07	—	—	I:7,8

1) FeO 结果由全铁计算所得; 2) “—”含量为零。

由表 1 看出, 金黄色 Ni-Fe 核心铁质宇宙球粒的化学成分主要为金属 Fe, Co 和 Ni, 其中 Ni 和 Co 的含量都很高, 主要含在核心中。同文献值的比较列于表 2。

表 2 金黄色 Ni-Fe 核心中 Ni/Fe 和 Co/Fe 同文献值对比

	M <sub>2-5</sub>	M <sub>12-21</sub>	M <sub>20</sub>	Y-1 <sup>[5]</sup>	Y-2 <sup>[5]</sup>	S-K <sub>#</sub> <sup>[7]</sup>
Ni/Fe( $\times 10^{-2}$ )	396.3	113.0	40.3	0.0009	0.12	358.8
Co/Fe( $\times 10^{-3}$ )	52.6	40.8	7.8	0.24	1.90	55.1

由表 2 看出, 金黄色 Ni-Fe 核心中的 Ni/Fe 和 Co/Fe 的比值与文献[5]相差较大, 与文献[7]接近。这种对比同样反映了深海含 Ni-Fe 核心铁质宇宙球粒中 Ni, Co 等元素的含量不同和母体物质成分的不均匀性。

## 四、结 语

以上分析资料表明, 深海金黄色 Ni-Fe 核心铁质宇宙球粒具有特殊的物理、化学特征, 它可能经历了一个异常的变化过程。据计算, 撞入地球大气层顶部的微粒所产生的能量, 大约为  $5 \times 10^4 - 3 \times 10^6 \text{ J/g}^{[4]}$ , 如果将这些能量用来均匀加热微粒, 则不会有固体微粒残存下来。实际上, 微粒受到加热的程度取决于它冲入大气层顶部的角度、速度以及本身的物理性质。加热、熔化和蒸发任何石质或金属陨星所需要的实际能量, 仅为  $8 \times 10^3 \text{ J/g}^{[6]}$ 。撞击陨星在受到加热、熔化和蒸发过程中, 它本身所含有的易挥发元素(如 K, Na, Ca, Mn, S, Ti 等)将受到不同程度的消耗, 而另一些难熔亲铁元素(如 Ni, Co, In, Cu, Au, Re 等)则发生迁移和富集, 在未完全固化了的球粒处于运动状态下, 这些亲铁元素往往趋向中心, 最终形成核心。外壳主要为氧化铁所包围, 由于磨擦原因, 球表面往往很光滑, 形

似闪闪发亮的小钢球。不难理解，钮扣形铁质宇宙球粒亦是在这种特殊环境下的最终产物。

### 参 考 文 献

- [1] 彭汉昌、赵奎寰、陈穗田, 1981。深海宇宙尘的初步研究。科学通报 **11**: 682—685。
- [2] 彭汉昌、赵奎寰、陈穗田, 1982。中太平洋西部海底沉积物中的宇宙尘研究。地质学报 **1**: 62—69。
- [3] Fechtig, H. and K. Utech, 1964. On the presence or absence of nickel in dark magnetite cosmic spherules and their mechanics of origin. *Ann. N. Y. Acad. Sci.*, **119**: 243—249.
- [4] Hodge, P. W. and F. W. Wright, 1964. Studies of particles for extraterrestrial origin II. A comparison of microscopic spherules of meteoric and volcanic origin. *J. Geophys. Res.* **69**: 2449.
- [5] Marvin, V. B., 1963. Mineralogy of the oxidation products of the sputnik 4 fragment and of iron meteorites. *J. Geophys. Res.* **68**: 5059—5068.
- [6] Öpik, E. J., 1958. *Physics of meteor flight in the atmosphere. Interscience Tracts on Physics and Astronomy*, No. 6 Interscience, New York.
- [7] Schmidt, R. A. and K. Keil, 1966. Electron microprobe study of spherules from Atlantic Ocean sediments. *Geochim. Cosmochim. Acta* **30**: 471—478.

## DISCOVERY OF IRON COSMIC SPHERULES WITH GOLDEN Ni-Fe CORE IN DEEP-SEA SEDIMENTS

Peng Hanchang, Lu Kang

(First Institute of Oceanography, SOA, Qingdao)

Liu Zhengkun

(Institute of Hunan Metallurgical Industry, Changsha)

and

Zhuang Shijie

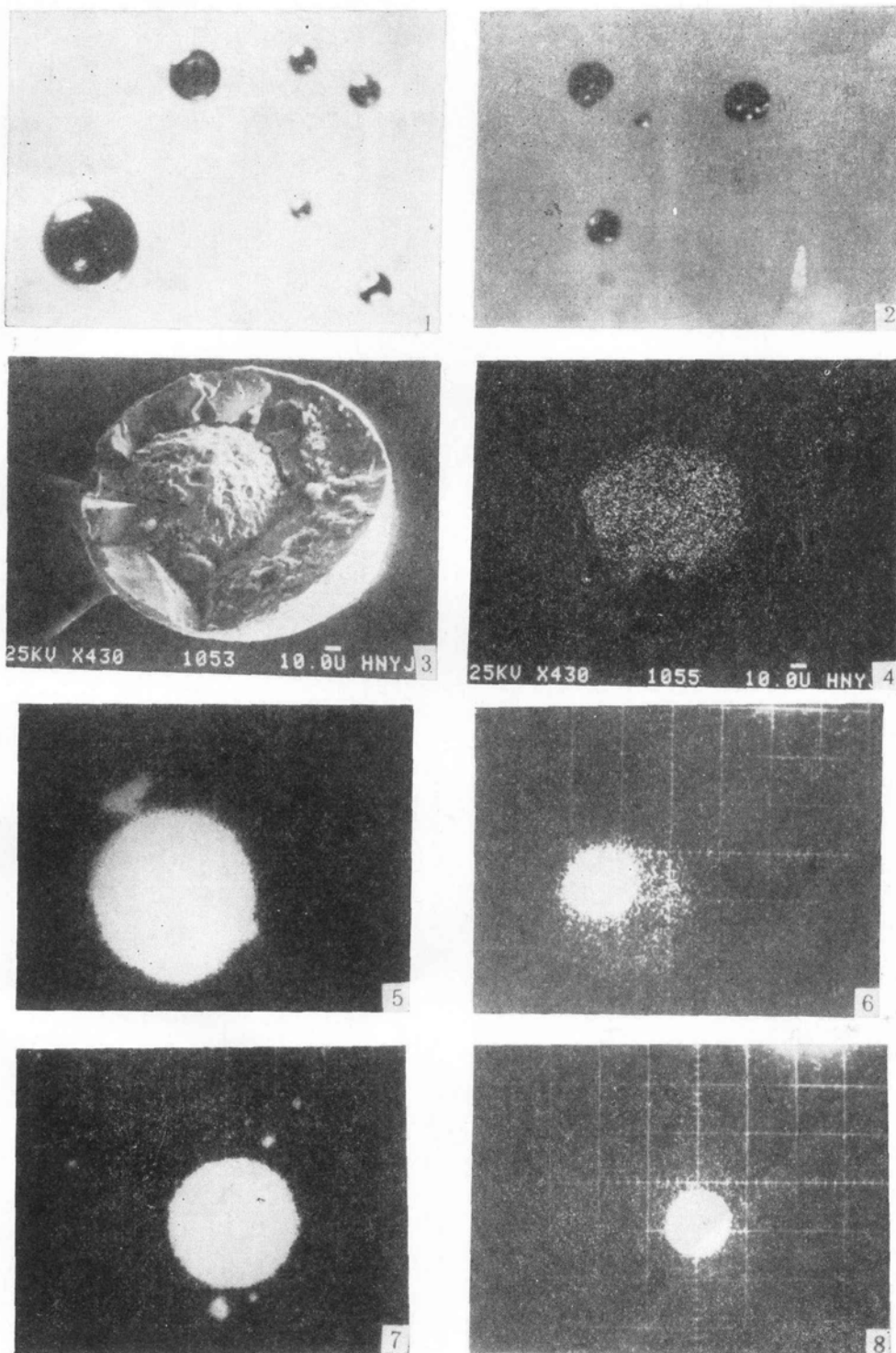
(The China Research Institute of Coloured Metallurgical Cooperation, Guilin)

### ABSTRACT

Recently, several thousand cosmic spherules containing iron spherules (83%), silicate spherules (15%) and glassy spherules (2%) were found in the deep-sea sediments from the northern Pacific (158—178°W, 7—11°N). Iron spherules with button-shaped structure reached 5.7%.

We first found golden Ni-Fe core in naturally broken iron spherule of globular, ellipsoid or oblate spheroid shapes with strong metallic luster and rough surfaces. Because of their hardness, they can be easily dislocated from the crust. Scanning electron microscopic analysis and electron probing analysis indicate a very high contents of Ni (28—79%) and Co (0.55—1.89%), and a small amount of Cu, Cr, Au etc.

This finding is of significance for further ascertaining the origin and formation of deep-sea cosmic spherules.



1. 为大小相差悬殊的铁质宇宙球粒, 两颗大的是钮扣形铁球; 2. 上部两半球为同一钮扣形铁球自然破裂后的产物, 中下部的圆形凹坑为金黄色 Ni-Fe 核心脱落后的痕迹, 中部的小球为上述凹坑中脱落出来的金黄色 Ni-Fe 核心; 3. 自然破裂后的金黄色 Ni-Fe 核心的鸡卵形铁球的二次电子象, 裸露出来的核心表面十分粗糙; 4. 为照片 3 所示球粒的 X 射线 NiK<sub>α</sub> 面分布象, Ni 元素恰好富集在核心之中; 5-6, 7-8. 分别为 M<sub>12-21</sub> 和 M<sub>20</sub> 样品的 X 射线 FeK<sub>α</sub> 面分布象, 其中 6, 8 为探针测样时所摄, 这两个样品中的 Ni 元素都富集在核心之中。