

## 北方前寒武纪长城系常州 沟组的宇宙尘

刘仲秋

(中国地质科学院地质研究所)

**主题词:** 蓟县等地, 宇宙尘, 化学元素, 构造

**提 要:** 河北滦县、蓟县、北京十三陵三个地方的常州沟组宇宙尘是在人工重砂的重矿物中发现的, 产在古老沉积岩地层中的砾岩和砂岩里, 大部分是铁质宇宙尘, 形态各异, 表面构造多种多样, 内部构造各有不同, 具Fe—Ni金属, 核与壳的化学元素分布不均匀, 化学成分与深海宇宙尘相似。

近几十年来, 国内、外学者对宇宙尘进行了广泛、深入的研究并取得了许多成果。宇宙尘又称微陨石<sup>[1]</sup>, 早在1872年—1876年, 英国“挑战者”号考察船于大洋底淤泥中发现了宇宙尘。John Murray 根据这些小球粒表面构造特征与铁质陨石相似, 认为它们是地球外的物质。此后, 很多学者采集了大量的宇宙尘样品, 进行多方面的研究, 证实了宇宙尘是地球

外的物质。

人们目前很重视宇宙尘的研究工作,因为宇宙尘同陨石一样带来了宇宙信息,为人类研究太阳系物质成分、状态及演化历史提供一定的证据。

## 一、常州沟组宇宙尘的发现

叶连俊等于1964年在燕山地区的兴城附近震旦纪长城石英岩的下部发现了宇宙尘并研究了四个相当层位的五块标本中的宇宙尘。

笔者在河北省滦县桃园村、天津蓟县常州村,北京十三陵地区三个地方的常州沟组下部同一层位上采集了细砾岩、含砾粗砂岩的样品。常州沟组不整合覆盖在太古宙迁西群的石榴石角闪斜长片麻岩之上。该组下部为细砾岩、含中砾石英杂砂岩和厚层细砾岩,属河流相沉积,附近未见火山岩。对采集的样品做了人工重砂分析,分析每个样品时都采取了防止污染和混样的措施。在样品的强磁性重矿物中发现了许多黑色亮闪闪的、表面光滑的球粒,经研究证实它们是地球外物质宇宙尘。根据天津地质矿产研究所陈普镛等人的“蓟县震旦亚界的研究”一文中,确定长城系的年令约1950—1700Ma。故本文研究的宇宙尘年令小于1950Ma。

## 二、宇宙尘的一般特征

宇宙尘的形态多种多样,但以球形为最多,其次有椭球状、具拖尾的圆球状、空球状、多孔空球状、滴状和球壳的碎块等。粒度均小于1mm,最大球粒直径为0.272mm,最小球粒直径为0.064mm,大部份球粒直径集中在0.1~0.2mm之间。椭球体中最大颗粒的长轴为0.33mm,短轴为0.21mm。因为岩样过0.272mm孔径筛,较大的宇宙尘易被破碎,所以在上述三个地方的岩石样品中均未发现0.3—1mm直径的球粒。有资料记载在长城系石英岩中曾发现过0.55mm直径的宇宙尘球粒。宇宙尘以铁质成分居多,具强磁性,多为铁黑色,不透明,呈金属光泽,性脆,断口不平坦。石—铁质宇宙尘较少,硅酸盐玻璃质宇宙尘目前尚未发现。

## 三、宇宙尘表面和内部构造特征

宇宙尘的表面和内部有各种各样的构造形态,铁质宇宙尘的表面构造形态尤为复杂,石—铁质宇宙尘较为简单。上述三个地方的常州沟组宇宙尘表面和内部的构造形态可分为下面几个类型:

### (一) 表面构造形态

1. 纹饰构造:宇宙尘球粒表面由横竖、弯曲的皱纹组成各种美丽的纹饰,似有序实无序地排列。纹饰构造是铁质宇宙尘的重要特征之一。

(1) 菱形纹饰构造:球体表面似由菱形片镶嵌而成,菱形片上的皱纹呈线状垂直于长对角线沿左、右两边排列,但并不贯通,如平鱼刺状。菱形片短对角线的两角呈锯齿状,由线条皱纹造成(照片2)。

(2) 多边形齿边状纹饰构造:球粒表面似由多个齿状多边形镶嵌而成,边界明显。多边形上有横、竖皱纹排列,使每个多边形的边呈不规则齿状。球面上有一高、一矮园形小突起,高者是球粒运行的后方,当球粒呈液滴状态时,遇冷迅速凝固,表面液体向后推移形成

球面的纹饰和较高的突起。矮小包可能是球体外壳急速冷却收缩内部物质处于液态时,球体内部的压力增大使球内透明液体受到挤压从缝隙中流出球外,覆盖在先形成的纹饰表面上而后凝固(照片3)。

(3) 重叠三角形或似三叶虫状纹饰构造:球粒表面有呈等腰三角形,底角相连成链并且似重叠状的纹饰。形似三叶虫状和其它形状的皱纹布满球体表面,排列不规则。球面上有一向内塌陷的小坑,可能是球粒呈塑性状态时气流冲击形成的(照片4)。

(4) 雪花状或蛛网状纹饰构造<sup>[6]</sup>:球面上出现一小圆形浅坑,似雪花的中心,四周排列着放射状的粗皱纹,另一组为垂直于粗皱纹互相平行的细皱纹组成蛛网状纹饰。球面上只见部分纹饰,另一部分较光滑并粘有一些细屑物质。

(5) 线团状纹饰构造:球粒表面有许多细长、横、竖交叉但不相垂直的皱纹,形似毛线团。球粒拖尾部分与运行方向相反,球面上可见一些凹形的冲击坑。

上述各种纹饰构造虽然它们的微细形态各有特点,但是它们的成因基本是相同的,都是熔融的液滴遇冷迅速冷凝形成的。

2. 冲击坑构造:这种构造较发育,普遍可见,其特征是球体表面布满了大大小小的V形坑和圆形坑,疏密不均。其成因是球粒呈塑性状态时,运行中与其他颗粒互相撞击的结果。

3. 气孔状构造:球粒表面比较光滑,布满了大小不一的孔洞,多呈椭球形空壳,壳壁厚薄不均。其成因是球粒内气体从多个壳壁薄弱处同时逸出而形成(照片5)。

4. 异物镶嵌构造:球粒呈椭球形,表面有龟纹状和细线状皱纹,有一具条纹的叶片状物质插入球体。叶片状物质与在20km高空大气平流层中收集的须状、片状微陨石<sup>[1]</sup>相似。其成因是:当球粒呈塑性状态运行时与片状微陨石相撞,使较硬的片状微陨石插入球体形成这种构造(照片1)。

5. 金属滴状构造:这种构造普遍可见,形似凝固的金属液滴。球体都有一个小拖尾,球面光滑但不平,形状各异,有馒头状、荸荠状等。成因可能是陨石以高速进入大气层产生摩擦高温,使陨石外层不断地熔融被气流冲击产生液滴飞溅,液滴可能是在接近地面飞溅的或陨石撞击地面爆炸产生熔融飞溅的,触地的一面较平并粘有细碎屑。

6. 双色球构造:这种构造比较特殊,只发现两个球粒。球体表面光滑无纹,有数个小突起,其中最大的突起表面有小孔(照片9),球粒一半是淡绿色,一半是黑色。双目镜下观察,淡绿色覆盖在黑色之上,后者可能是球内物质外溢后冷凝而成。

## (二) 宇宙尘的内部构造形态

1. 球核构造:这种构造最普遍,铁质宇宙尘中最多,球粒具有黑色外壳,内有球核,多不具同心圆结构,核偏向一边。壳壁厚薄不均,并有圆或椭圆形气孔,多少和大小不一。核与壳分界线明显,接触面比较光滑,易分离。根据球核的不同又可分为两种:

(1) 圆球核构造:球粒内有呈圆球状的核,有的球核表面具白色条纹互相交插,交角约60°左右。白色线条由磁赤铁矿组成。有的球核表面无条纹,但凹凸不平,球核好像一层一层包裹成的,见有小的裂纹。

(2) 不圆球核构造:这种球核比较少见,球核呈圆棱角状,表面光滑无纹,壳与核之间较大的气孔(照片8)。

表 1 宇宙尘的电子探针分析结果

Table 1 Electron microprobe analysis of cosmic spherules

氧化物% 样号 产地	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO	SiO <sub>2</sub>	MnO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	SO <sub>2</sub>	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	FeO	NiO	Fe	Ni	备注	照片号
ChAt-1 桃园	0.96			—	3.15	0.79		3.35				91.73				铁质宇宙尘	2
ChAt-2.1点 "	0.16			—	2.51	0.04	3.05	1.64	7.47		81.71	2.43	1.10			?	9
ChAt-2.2点 "	0.45			—	6.78	0.01	4.22	1.01	3.40		78.47	5.72				?	9
ChAt-3.1点 "	0.06			—	1.68	0.44	0.29	0.21	0.03			97.25				铁质宇宙尘	未附
ChAt-3.2点 "	1.04	1.05	1.33	—	17.24	0.75	1.95	0.73	2.82	0.09	0.16	72.84				"	"
ChAj-1 蓟县				—	9.29	1.00	0.53	0.74	0.77			87.41				"	"
ChAj-2* "	1.10		1.41	0.76	4.70	1.14	0.99			0.06		87.80				"	"
ChzA-2-1 十三陵				—	2.33	0.52	0.16	0.50	0.32	3.30	0.03	92.51	0.28			"	7
ChzA-2-2 "	0.02	0.13	0.13	—	1.79	0.79	0.69	0.59	0.08	4.15		91.74				"	未附
ChzA-2-3* "	0.74	0.21	0.22	0.17	5.62	0.45	1.01			5.06	0.09	86.35	0.03			"	"
1														61.37	37.89	[4]核, 中太平洋铁质宇宙尘	
2														71.19	0.30	[4]壳	
3	2.16			27.10	35.33	0.18	2.59				0.14	34.28			0.28	[4]中太平洋硅酸盐质宇宙尘	
4	0.03	0.03	0.09	0.09	0.64		0.11			0.18		98.79				[6]西藏泽当地区铁质宇宙尘	
5	0.20	0.01	0.20	0.34	4.34	0.08	1.98			0.22	0.04	67.40				[6]	
6	0.01	0.06	0.01			0.03				0.38	0.02	100.15				[6]壳	
7														74	25	[6]核	

注: ① “—” 未测; ② 1-7 摘自自己发表的刊物。

分析者: 中国地质科学院矿床地质研究所杨明, \* 由王文英分析。

2. 实心球构造: 球粒为实心的圆球, 将球切成两半, 可见中间分布着一些不规则的小气孔, 周围有些小裂隙。

3. 空心球构造: 球粒呈圆球状, 未见气孔, 压碎后无球核, 空心, 内壁可见许多互相连通的圆形空洞。有的球粒可见一孔或多孔与外界相通。球体只是一个有孔洞的空壳(照片5)。

#### 四、宇宙尘的化学组成特征

在上述三个地方获得的宇宙尘数量不多, 粒度较小, 所以不能做化学定量分析而只能采用电子探针分析。从分析结果(表1)可以看出宇宙尘粒度虽小, 但其化学组成比较复杂, 化学元素分布不均匀, 结晶较差, 要想确切地定出宇宙尘的矿物名称比较困难。所分析的样品, 除 ChAt-2 样品较特殊以外, 都是铁质宇宙尘, 氧化铁含量都很高。

样品 ChAt-3, 电子探针分析两处(1点和2点, 见表1)其化学成分及含量都有些差别, Si 和 Fe 的变化较大, 由此说明宇宙尘球粒本身的化学元素分布很不均匀。

实体镜下观察 ChAt-2 这个球粒表面, 有两种颜色, 黑色与淡绿色各半。黑色的球体上被一层淡绿色的物质覆盖了半个球体。电子探针在淡绿色物质上分析了两处(1点和2点, 见表1), 化学成分略有不同, 含  $\text{TiO}_2$  都很高, 78%—81%, 含 FeO 比较低, 2.43%—5.72%, 1点含 NiO 为 1.10%, 2点则不含 NiO。球粒表面上的淡绿色物质是从球体内部流出来的(前文已述), 淡绿色物质和锐钛矿很相似。但整个球粒具强磁性, 球壳是铁质。

一般铁质宇宙尘以含铁—镍合金为主要特征, 球粒外壳含铁高, 含镍低。球核含镍量比外壳高, 从核心到核的边部含镍量逐渐减少<sup>[2]</sup>。常州沟组所测的宇宙尘多为铁质宇宙尘, 但含镍量较低, 有的球粒则不含镍。

笔者对 ChzA-2-3 球核用电子探针分析了两点, 其元素含量如下表。从表2中可以看出球核含 S、Fe 较高, 含微量的 Co, 2点含微量的 Ni, 1点则不含 Ni, 还含有 Si、Mg、Mn 等元素, 具有铁陨石的特征。1点和2点元素含量的差别也说明球核的化学元素分布也不均匀, 结晶程度较差。

表 2 核部电子探针分析结果

Table 2 Electron microprobe analysis of core

元素 % 样号	S	Ni	Fe	Si	Mg	Co	Mn
ChZA-2-3·1 点	39.44	0.00	48.13	2.47	9.51	0.45	0.00
ChZA-2-3·2 点	37.55	0.12	49.24	2.70	9.58	0.76	0.05

分析者: 王文瑛

常州沟组宇宙尘的化学组成特征与其他地区的铁质宇宙尘基本相同。为了便于对比, 笔者将部分球外物质的化学成分列于表1。

#### 五、宇宙尘成因讨论

宇宙尘的成因是一个很复杂的问题, 它和陨石的成因相同, 但也有些区别。许多学者对

此做过多方面的研究,提出各种不同的成因假说。日本田泽雄二把宇宙尘的宇宙成因假说归纳为下列五种<sup>[10]</sup>:

1. 来自太阳系以外的宇宙尘埃;
2. 原始太阳系星云残留微粒;
3. 小行星互相碰撞而产生的碎片;
4. 陨石进入大气层后的熔融飞溅物;
5. 地球捕获的彗星尘埃等。

John. A. O'keefe 认为宇宙尘是月球火山成因<sup>[6]</sup>。

侯谓、王道德把国内外球粒陨石成因假说归纳成三种基本模型<sup>[7]</sup>:

- A. 凝聚作用模型;
- B. 已凝聚固体的重熔模型;
- C. 星际的陨星模型。

近年来随着宇宙科学的发展及研究资料的积累,使球粒成因说趋向于球粒生成于星云之中,球粒是由已凝聚固体熔融形成的观点。

笔者对常州沟组宇宙尘的研究,发现坠落到地球上的宇宙尘多是圆球形,椭球形。宇宙尘球粒都是已凝聚固体熔融而后冷却形成的。

陨石降落速度一般小于42公里/秒,地球运行轨道的速度每秒30公里,因此,陨石坠落到地球上的速度有两种;一种是逆着地球运动轨道运动的陨石,其速度为72公里/秒。另一种是与地球运行轨道同方向运动的陨石,其速度为12公里/秒。宇宙中大大小小的陨石以这两种速度进入地球的大气层产生摩擦高温,使陨石的外层熔融成液态,被大气冲击成液滴飞溅到空中,这些液滴遇冷迅速凝固形成各种各样表面构造的宇宙尘球粒,坠落到地面,就是宇宙尘。前一种速度进入大气层的陨石产生熔融液滴飞溅的数量比后一种多,因为速度越快与大气层产生的摩擦温度就越高。有的巨大球粒陨石体撞击地面时冲击力很大,会产生爆炸、气化和熔融现象,使球粒陨石破碎,细小的球粒被分离成单体散落到地面上。熔融液滴飞溅物未完全冷却,呈塑性时散落到地面上形成馒头状、荸荠状等特殊形状的宇宙尘。陨石以12公里/秒的速度进入大气层产生的摩擦温度就低些,使陨石产生的熔融液滴飞溅物也较少。有的陨石颗粒较小,但通过大气层并没有使颗粒完全熔融,而后遇冷凝固,外形呈球状,内核还保持原来颗粒的形状(照片8)。

## 结束语

上述三个地方,常州沟组宇宙尘大部分是铁质宇宙尘,石-铁质宇宙尘较少,硅酸盐玻璃质宇宙尘目前尚未发现。笔者认为这三种类型的宇宙尘在常州沟组中都存在,需进一步研究。

常州沟组的宇宙尘产在古老的沉积岩地层中,不存在现代工业污染。附近没有火山岩,不存在火山喷发形成细小球粒的因素。常州沟组铁质宇宙尘球粒表面光亮,纹饰清楚,没有异地长期搬运磨损的痕迹。因此,它们确实是地球外的物质。

本文写作过程中得到研究员宋天锐的大力支持和指导。照片由黄成彦、杨安国拍摄,电子探针分析由杨明明、王文瑛完成。在此一并致谢。

## 参 考 文 献

- 〔1〕 王道德, 1980, 陨石类型简介, 地质地球化学, 第二期, P9。
- 〔2〕 叶连俊等, 1964, 十亿年前的宇宙尘, 地质科学, 第三期, P230。
- 〔3〕 彭汉昌等, 1981, 深海宇宙尘的初步研究, 科学通报, 第十一期, P682。
- 〔4〕 欧阳自远等, 1964, 三块铁陨石的矿物成分及形成条件的研究, 地质科学, 第三期 P241。
- 〔5〕 梁日暄等, 1982, 西藏泽当地区的宇宙尘, 岩矿测试, 一卷三期, P1。
- 〔6〕 侯谓、王道德, 1985, 陨石球粒及其成因, 地质地球化学, 第三期, P45。
- 〔7〕 山越和雄, 1979, 深海底の宇宙尘。
- 〔8〕 Hans Pettersson and Kurt Fredriksson, 1958, Magnetic Spherules in Deep-sea Deposited. Pacific Science, Vol.12, No.1.
- 〔9〕 黄林译, 宇宙尘中的须状和小片状辉石一气相生长晶体的证据。摘译自 Nature, 1983, Vol. 301, No.5900 P473-477。
- 〔10〕 田泽雄二, 1979, 深海堆积物中の宇宙塵の微物学特征, 海洋科学, 第六期。

## Cosmic Spherules from Changzhogou Formation Changcheng System, Precambrian of North China

Liu Zhongqiu

(Institute of Geology, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing)

**Key words:** jixian; texture; chemical composition; cosmic spherules

### Abstract

Cosmic spherules were discovered among artificial heavy mineral grains in Changzhogou formation, Taoyuan, Lunxian; Changzhogou, Jixian of Hebei and the Ming Tombs, District of Beijing. Precambrian conglomerates and sandstones are one hosted rocks of cosmic spherules. Characteristics of surficial texture and compositions of cosmic spherules are similar to the recent deep-sea cosmic spherules.

The spherules generally can be divided into three kinds: ferric, silicate-ferric and silico-glassy, but the most of them is ferric. Cosmic spherules are formed as globular, spheroid, droplet and hollow spherule etc. Commonly globular iron spherules are characterized by distinctive surficial texture, for example, wrinkled, impact crater, air hole, droplet and double colour sphere. The diameters of spherules range from 0.064 to 0.27 mm. They are opaque spherules with black, metallic, luster, strong magnetic, friability and fracture uneven, but silicate-iron cosmic spherules are unknown in these area.

Interior texture of the spherules can be divided into core, solid spehrule

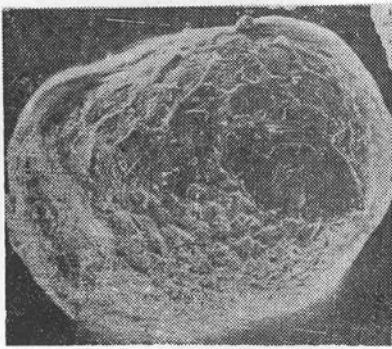
and hollow spherule. The core generally is made of Fe-Ni, but Some core of spherules without Ni. One of the characteristics is different distribution of elements in core and crust of spherules.

Author supposed that most of the cosmic spherules might be the droplets sprayed from the fusion crust of a meteorite as it ablates by grazing in atmosphere.

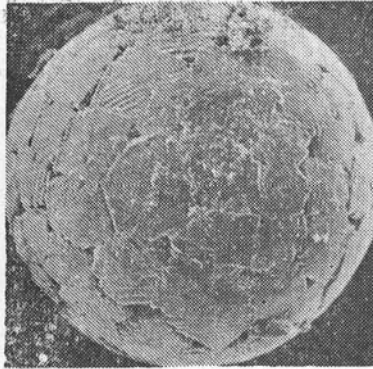
www.yskw.ac.cn



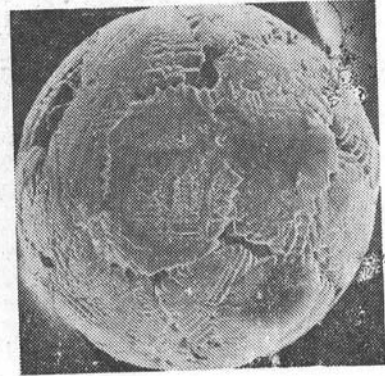
刘仲秋：北方前寒武纪长城系常州沟组的宇宙尘



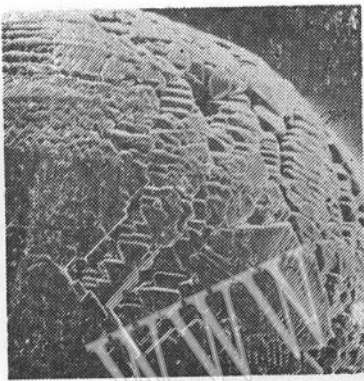
照片1 异物镶嵌构造 ×330



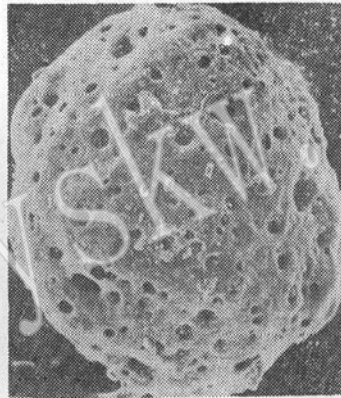
照片2 菱形纹饰构造 ×31.2



照片3 多边形齿边状纹饰构造 ×46.2



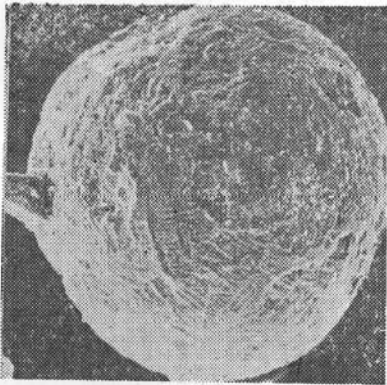
照片4 重叠三角形构造或似三叶虫纹饰构造 ×4620



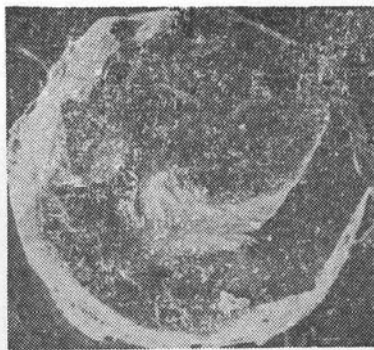
照片5 气孔构造 ×510



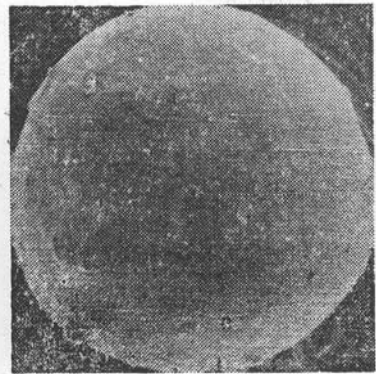
照片6 圆球核构造 ×492



照片7 线团状纹饰构造 ×330



照片8 不圆球核构造 ×150



照片9 双色球构造 ×210