

大吉山花岗岩中宇宙尘的初步研究

胡雄伟 孙恭安

(宜昌地质矿产研究所)

关键词: 江西大吉山; 花岗岩; 宇宙尘

提 要: 大吉山花岗岩人工重砂中的宇宙尘呈黑色, 具强磁性, 平均粒径为 0.206mm, 按形态可分为球状、椭球状和不规则状, 按成分可分为铁质和硅酸质两种类型。主要矿物有方铁矿、 α -Fe、自然铜、钠长石和钾长石。主要组构类型有瘤状突起构造、喷气孔构造、“毛刺”构造、壳层构造、空腔构造、花边构造和脑纹状构造。通过研究得出如下结论: (1) 大吉山宇宙尘是低氧逸度条件下高温淬火形成的非平衡结晶产物; (2) 宇宙尘的来源与大吉山花岗岩的成因有密切联系, 是花岗岩岩源层的残留物; (3) 宇宙尘可以作为花岗岩成因指示物。

宇宙尘的发现始于 Murry (1876) 对深海软泥的研究。进入二十世纪后, 高空气球、宇宙航行以及远洋考察证实了空中及地球表面这种物质的存在, 除洋底外, 极冠冰雪和现代河流中也发现了宇宙尘埃物质。关于不同时代地层中宇宙尘的发现和研究, 国外已有较为系统的报道。我国关于宇宙尘的研究始于叶连俊先生1964年对燕山地区震旦系长城阶石英砂岩的研究^[1]。近年来先后报道了前寒武系^[2]和晚奥陶系中的宇宙尘, 岩性有未变质、浅变质岩石乃至混合岩化片麻岩^[3]。于祖相 (1984)^[4]和梁日暄等 (1982)^[5]分别报道了我国燕山地区滦河、潮河水系重砂以及西藏泽当地区冲击沟谷中的宇宙尘。花岗岩中宇宙尘的发现较为罕见, 研究程度低。笔者最近在大吉山花岗岩人工重砂研究中发现了一种黑色磁性球体, 经鉴定属宇宙尘埃物质。

一、地质概况

大吉山花岗岩位于赣南后加里东隆起带南缘, 属侏罗纪花岗岩, 岩性分为黑云母花岗岩 (五里亭岩体, $163 \pm 1\text{Ma}$, Rb—Sr 等时线年令)、二云母花岗岩 ($159 \pm 5\text{Ma}$, 同上) 和白云母花岗岩 (69岩体, $161 \pm 3\text{Ma}$, 同上)。69岩体为隐伏“鹅头”状小岩体, 其下与二云母花岗岩相连, 围岩为寒武纪变质砂岩。宇宙尘发现于69岩体, 取自 467、417、367 中段的白云母花岗岩和 DCK100 钻孔的二云母花岗岩。

二 宇宙尘的物性特征及类型

大吉山宇宙尘为黑色、灰黑色，条痕黑色，具强磁性。宇宙尘颗粒间常相互吸引成为一串，具有磁极性特点。光滑表面呈金属光泽或沥青光泽。性脆，断口参差状。

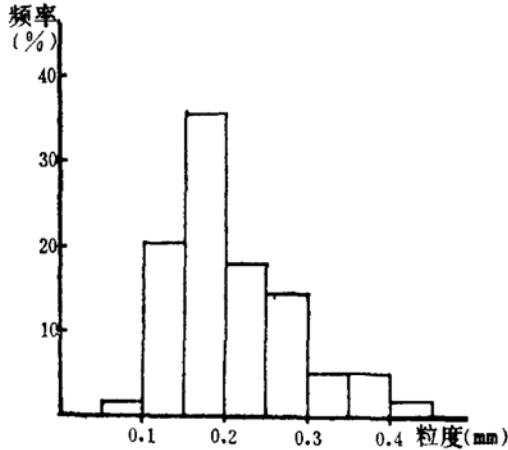


图 1 大吉山宇宙尘粒度分布直方图

Fig 1 Histogram showing the grade distribution of Dajishan cosmic dusts

从形态上可以将宇宙尘分为园球体、椭球体和不规则状三种（见照片1），且以前两种为主。不规则状宇宙尘形态复杂，有炮弹状、棒状、烟斗等形状，具拉长、撕裂等现象。此外，还可以见到连球体状宇宙尘。

宇宙尘颗粒大小集中在0.1~0.3mm范围内，三个样品84个颗粒粒度统计结果(图1)显示出不对称的正偏倚分布特点。最大粒径为 $0.40 \times 0.346\text{mm}$ ，最小为 $0.094 \times 0.078\text{mm}$ ，标本统计标准差为0.063。当然，由于 $<0.1\text{mm}$ 的颗粒在分离和挑选上的困难性，统计误差较大，该部分的实际比例可能会比图示测量值高。

三、组构特征

组构研究是鉴定宇宙尘的一个重要内容，包括表面组构和内部组构两个方面。众多的学者在对深海、河流重砂和地层中宇宙尘的研究中，发现和鉴定了许多具成因意义的组构，对比这些研究可以发现，它们均侧重于表面形态和组构的电子显微镜研究。因此，我们在大吉山宇宙尘研究中，除了一般显微组构的观察外，着重用扫描电镜方法对内部组构进行了高放大倍数的观察研究，并发现了一些新的、令人感兴趣的组构类型。

〈一〉表面组构

双目镜下可将宇宙尘的表面分为光滑和粗糙两种类型。主要有瘤状突起、喷气孔和“毛刺”状构造。

1. 瘤状突起构造：主要出现在球形、椭球形颗粒上。突出物的大小、形状和个数不一，当突起物只有一个，且小而不规则时，宇宙尘颗粒呈气球状。椭球形颗粒的突起物常分布于长轴两端（照片1）。

2. 喷气孔构造：气孔呈园形，向内凹入球体内部，周围为类似火山口状凸起。推测系在熔融状态下或塑性状态下球体内部释放气体所致。此外，还见有孔洞状宇宙尘存在。

3. “毛刺”构造：指宇宙尘表面呈“毛刺”状分布有柱状或片状透明矿物的现象。矿物种类有长石、石英、云母等。经表面观察和内部研究，可将其分成两种类型，（1）保留“毛刺”，为宇宙尘母体残留物戳穿球体形成，属宇宙成因之原生构造；（2）生长“毛刺”，系岩浆结晶过程中造岩矿物沿宇宙尘表面生长或充填空穴形成，属于后生构造。

〈二〉内部组构

1. 壳层构造：壳层构造是大吉山宇宙尘的常见构造。显微镜下可分两层，外层黑色，

性脆易脱落,系磁铁矿、方铁矿雏晶集合体,内层成核,亮铜黄色,成分为 α -Fe。

2. 空腔构造(照片2、4):空腔大小、形态、数量不一,分布于颗粒内部,有时几个空腔相互连通,可能与喷气孔相连以利于气体的逸出。空腔内壁串珠状结构发育。

3. 网状树枝结构(照片2):发育于硅酸质宇宙尘内部,金属矿物(方铁矿)雏晶定向排列构成网格状、树枝状。排列方向有两组,相互垂直方向和互成 60° 夹角方向,反映了等轴晶系 L^4 和 L^3 对称的特点。

4. 串珠状结构(照片3):为网状树枝状结构的细部特征。树枝状方铁矿雏晶实由相互分离之方铁矿珠球成串排列或相互联结成棒状、链状构成。由球体内部向外,珠球增大,在球体边缘消失,代之以雪花状、多边形磁铁矿雏晶(见照片2)。曾有人认为空腔内壁串珠状结构是一种重熔再结晶结构,然而在我们的研究中发现内壁串珠与球体内部串珠之间相互连续,表明两者同时形成,空腔内壁之串珠结构也属宇宙尘之原生结构。

经电子探针分析,串珠成分主要为FeO,其它元素含量低(表1),推测矿物相为方铁矿。串珠之间由高FeO的硅酸质组分充填(表1),其存在形式尚难确定,放大10000倍情况下仍可观察到更小的金属矿物珠,最小仅为 $0.1\sim 0.2\mu\text{m}$ 。我们推测珠球之间有三种可能的存在形式:(1)孔隙状,见于空腔壁串珠间;(2)硅酸盐和铁氧化物之超微雏晶;(3)玻璃质。

5. 骸晶结构:见于硅酸质宇宙尘中钾长石与球体之过渡带(照片5)。骸晶呈树枝状,雪花状,在放大1000倍下可分辨出大小为 $0.4\sim 0.5\mu\text{m}$ 的骸晶。骸晶成分为铁氧化物。我们认为有两种成因可能:(1)高温淬火形成;(2)玻璃相脱玻化过程中析出。

6. 花边结构(照片6):发育于硅酸质宇宙尘球体边缘,半圆形、多边形雏晶(磁铁矿)相互联结构成花边状。骸晶之间充填高FeO硅酸质组分。由花边结构可以看出,硅酸质宇宙尘表面发育有 $5\sim 10\mu\text{m}$ 大小的小突起,成分为磁铁矿。

7. 脑纹构造:铁质宇宙尘在显微镜下结构均匀,然而扫描电镜下放大4000倍时,均一的铁氧化物相内部出现不规则状的“脑裂”(见照片7)。裂纹宽度为 $0.25\sim 1\mu\text{m}$,内部硅酸质组分含量较高。脑纹构造的成因有待于进一步研究。

四、大吉山宇宙尘的成分特征

1. 化学成分:采用JXA-733, TN-5500, TN-560电子探针系统分析了三个球体的成分。分析条件为200kV加速电压、 10^{-9}A 束流,结果采用B-A法校正,部分结果经归一化处理。由于球体中有钾长石、钠长石、 α -Fe等独立矿物相存在,探针分析结果不代表各宇宙尘颗粒的总体成分,仅反说其基质的部分成分特征。由图2和表1可得如下几点认识:

(1)大吉山宇宙尘以富Fe,低Ti、Mn、Ca、Mg、Ni为特征,其Ni含量低于探针检测界限(图2)。这种特点与苏北地区黑云斜长片麻岩及变质砂岩中的宇宙尘相似^[5],而与太平洋底高Ni宇宙尘相区别。

(2)不同颗粒成分不同,变化较大。根据主要元素含量可将宇宙尘分为铁质和硅酸质两种类型,前者主要成分为FeO,含少量 SiO_2 、 Al_2O_3 、MnO,而 Na_2O 、 K_2O 、MgO含量低。由内部组构研究可知,这些硅铝组分系“脑裂”构造所致。硅酸质宇宙尘除FeO含量高外,尚有较高含量的 SiO_2 、 Al_2O_3 、以及少量的 Na_2O 、CaO、MnO存在,且基质成分不

均匀，不同部分不同点的分析结果变化较大（表1），结合结构特点，系由网状树枝状、串珠状结构引起。

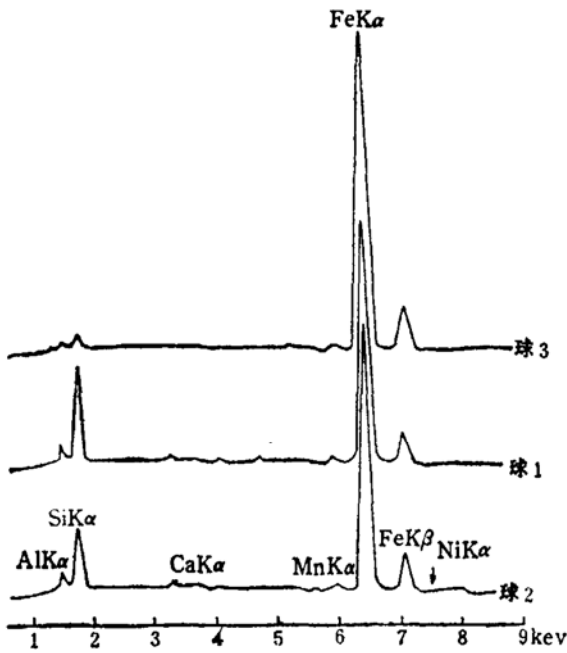


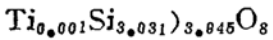
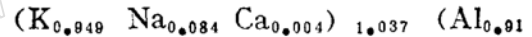
图 2 电子探针能谱分析图

Fig 2 Energy spectrum of electron microprobe analyses

2. 矿物成分：经显微镜、电子探针和 x-射线粉晶衍射研究，鉴定出如矿下物：方铁矿、磁铁矿、 α -Fe、自然铜、钾长石和钠长石。

磁铁矿和方铁矿是构成宇宙尘的主要组份，与深海宇宙尘一致（表2）。扫描电镜研究表明两种矿物均以雏晶形式存在，磁铁矿雏晶呈多边形，构成球体外壳（照片2、6），球状雏晶可能为方铁矿。在球1、DCK100样中有 α -Fe 相存在，DCK100中还存在自然铜（表1、2）。

钠长石出现在硅酸质球1中，被球体包裹或伸入空腔（照片4）；钾长石出现在硅酸质球2中（照片5），成分见表1，分子式为：



此外，在能谱定性分析中还发现硅酸球中有纯 SiO_2 相存在，推测可能是磷石英或石英微晶。

表 1 大吉山宇宙尘电子探针分析结果

Table 1 Electron microprobe analyses of Dajishan cosmic dusts

	硅酸质宇宙尘		铁质宇宙尘	硅酸质宇宙尘			
	球 1	球 2	球 3	珠球	珠球之间	钾长石	自然铁
SiO ₂	7.53—25.01	7.27—21.15	0.44—3.77	1.12	18.48—25.04	65.11	0.35(Si)
TiO ₂			0.07	0.12	0.08	0.05	
Al ₂ O ₃	2.64—4.55	1.82—4.47	0.37—0.75	0.93	3.27—5.20	16.68	
FeO	68.96—85.94	74.12—91.43	95.11—97.83	96.28	65.27—73.98	0.95	69.65(Fe)
MnO	0.93—1.67	1.04—1.40	0.44—1.18	1.07	1.50—1.54	0.02	
MgO			0.07	0.32	0.39	0.00	
CaO	0.00—0.10	0.30—1.11	0.01—0.06	0.06	1.14—1.35	0.10	
Na ₂ O	1.76—2.25	0.60—0.73	0.16—0.39	0.34	1.16—1.60	0.96	
K ₂ O	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	16.13	
n	9	13	9	2	2	1	3

表2 大吉山宇宙尘X-射线粉晶谱线鉴定对比表
Table Analyses and comparison of X-ray power diferaction data for Dajishan cosmic dusts

江西大吉山 ⁽¹⁾				标准物质 ⁽²⁾						太平洋宇宙尘 ⁽³⁾					
Dck100		Dr467		方铁矿		磁铁矿		自然铜		α-Fe		L1025* ⁽⁴⁾		2-12-1* ⁽⁴⁾	
d(nm)	I	d(nm)	I	d(nm)	I	d(nm)	I	d(nm)	I	d(nm)	I	d(nm)	I	d(nm)	I
		3.325	2			4.80	3					4.874	w	4.91	mv
												3.298	vw		
												3.147	vw		
2.95	3	2.93	2			2.968	6					2.963	s	2.98	m
2.79	2	2.75	2									2.788	m		
		2.68	1									2.699	vw		
2.51	4	2.52	4	2.49	7	2.526	10					2.528	vs	2.56	s
		2.455	5									2.471	vw	2.48	mw
2.43	2					2.422	2					2.421	vw	2.42	w
2.29	3	2.35	2									2.311	vw		
2.13	1	2.13	10	2.155	10					2.024	10	2.139	w	2.16	m
2.075	10					2.904	6	2.085	10			2.099	m	2.096	m
2.025	3											1.974	w		
1.98	1											1.935	vw		
												1.794	vw	1.82	vw
1.80	5							1.808	7			1.715	w	1.72	m
1.71	1	1.70	1			1.715	4					1.633	w		
		1.66	1									1.616	s	1.62	ms
1.61	1	1.607	2			1.615	6					1.514	m	1.51	m
1.51	2	1.51	6	1.527	8							1.481	w	1.484	ms
1.475	2	1.475	2			1.485	8					1.330	w	1.327	vw
1.42	1					1.330	1	1.434		1.434	5	1.281	vs	1.285	mw
1.405	1			1.302	5	1.280	4					1.265	vw		
1.275	5	1.288	3			1.266	1	1.278	6			1.235	vw	1.239	w
				1.246	5							1.231	vw		
		1.233	3			1.213	2					1.206	vw	1.208	w
1.195	1											1.157	w		
1.17	1											1.123	vw	1.116	mw
						1.123	3			1.170	8	1.092	w	1.073	vw
1.088	7	1.085	1			1.094	7	1.090	7			1.069	w		
		1.068	1	1.079	4	1.050	4					1.0499	m	1.048	vw
1.043	4							1.043	4			α1			
												1.0493	m		
												α2			
				0.992	4	0.9905	3			1.013	7	0.990	vw	0.984	vw

(1) 测试者：宜昌地矿所彭长琪、章跟宁，测试条件：Fe靶，40kv,12mA,5h。

(2) 中国“向阳红09号”采自6°00'07"S,173°15'06"E,水深5443米。

(3) 日本采自11°00'07"S,146°00'26"W,水深4912米。

(4) vs,最强; s强; ms,稍强; m,中; mw,稍弱; w,弱; vw,最弱。

五、讨论

1. 上述宇宙尘独特的形态、组构和成分特征说明了它们不是花岗岩浆的结晶产物。成分上也与工业污染物(如炉渣、电焊渣等)不同,加之样品新鲜,加工过程中避免了混入的

可能。因此,属于地外宇宙成因。

方铁矿是一种亚稳相矿物,它的存在是宇宙尘的一个较为重要的标志。因为它是高温($>570^{\circ}\text{C}$)低氧逸度条件下的结晶产物,当温度降低时($<570^{\circ}\text{C}$)转变为 $\alpha\text{-Fe}$ 和磁铁矿,而氧逸度升高则向磁铁矿、赤铁矿转化。我们认为大吉山宇宙尘中 $\alpha\text{-Fe}$ 、方铁矿、磁铁矿共存是低氧逸度条件下高温淬火形成的非平衡结晶产物。这种骤冷过程导致 FeO-SiO_2 体系富 FeO 组分熔体($\text{FeO}>80\%$)结晶时直接进入 $\text{Wu}+\text{L}$ (见文献〔8〕图Ⅲ-1-29),此处 Wu 为方铁矿, L 为液相。 L 相凝固成玻璃质,不出现平衡结晶过程理应出现的 Fa 相,这可能就是大吉山硅酸质宇宙尘中不存在铁橄榄石的原因。据此我们推测原始宇宙尘串珠结构充填的应是玻璃。

$\alpha\text{-Fe}$ 、方铁矿和磁铁矿的壳层状分布反映了宇宙尘形成过程中氧逸度逐渐增大的特点,这可能就是宇宙尘进入大气层的过程。

钠长石、钾长石作为宇宙矿物主要见于球粒陨石中,且以基质微晶形式存在^{〔9〕},宇宙尘中的硅酸盐矿物多为橄榄石^{〔10〕}。我们在大吉山宇宙尘中首次发现了钠长石、钾长石以“斑晶”形式存在。推测其成因有两种可能,(1)宇宙成因,是宇宙尘形成母体的残留物;(2)岩浆成因,在花岗岩结晶过程中造岩矿物沿空穴充填形成。从产出特点看(照片4、5),前者可能性较大。

宇宙尘的成因复杂、起源多样。大吉山宇宙尘的组构特点揭示了其形成过程中经历了熔融阶段,可能属消融型宇宙尘。其成分反映了母体具低 Ni 、 Ca 、 Mg 、 Mn 的特点。

2.大吉山花岗岩中宇宙尘的来源与大吉山花岗岩的成因密切相关。我们可以肯定大吉山花岗岩不是陨击形成的,因此,其中的宇宙尘不可能直接来源于陨落。从 Rb-Sr 同位素地球化学上看,大吉山花岗岩具高 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 初始比(黑云母花岗岩为 0.7189 ± 0.0003 ,二云母花岗岩为 0.7128 ± 0.0019 ,白云母花岗岩为 0.71428 ± 0.0064)。微量元素、稀土元素地球化学研究也都已证明大吉山花岗岩来源与地壳硅铝质组份重熔有关。我们认为,大吉山花岗岩中的宇宙尘可能是花岗岩岩源层中宇宙尘的残留物。不同时代地层中宇宙尘的存在已为众多的研究所证实。

作为上述推论的一个证据是,大吉山花岗岩中除宇宙尘外,尚有铬铁矿、 SiC 、淡砷铜矿*存在。这显然不是花岗岩浆的结晶产物,从大吉山花岗岩特点和产状上看,也不可能是基性、超基性岩等硅酸质组分重熔残留物,而应是间接来源于沉积地层,是硅铝质岩源层中地外物质的残留。

综上所述,大吉山花岗岩中存在宇宙尘埃物质,是岩源层残留物,这一发现证实了宇宙物质参与了地壳物质演化从沉积到变质和岩浆作用的过程,宇宙尘可以作为壳源硅铝质来源花岗岩的成因指示物。它在大吉山花岗岩中的发现为该岩体乃至该区花岗岩的成因研究提供了新的证据,对花岗岩形成物理化学条件、形成机制的研究提供了新的资料。对于地壳物质演化有一定意义。

本文得到了毛水和高级工程师、杜绍华和马大验副研究员以及连大炜高级工程师的热情帮助,在此一并致谢。

*内部资料,宜昌地矿所稀有组。

参 考 文 献

- 〔1〕 叶连俊等, 1964, 十亿年前的宇宙尘, 地质科学, No. 3.
- 〔2〕 李增慧等, 1986, 我国若干地区前寒纪宇宙尘表面形态和微结构的扫描电镜研究, 世界地质, Vol. 5, No. 4.
- 〔3〕 严奉林, 1986, 苏北宇宙尘的首次发现及其地质意义, 世界地质, Vol. 5, No. 4.
- 〔4〕 于祖相, 1984, 古北矿、喜峰矿—燕山地区宇宙尘中的两种新矿物, 岩石矿物及测试, Vol. 3, No. 3.
- 〔5〕 梁日暄等, 1982, 西藏泽当地区的宇宙尘, 岩矿测试, Vol. 1, No. 3.
- 〔6〕 彭汉昌等, 1981, 深海宇宙尘的初步研究, 科学通报, Vol. 26, No. 11.
- 〔7〕 贵阳地球化学研究所, 1978, 矿物 X-射线粉晶鉴定手册, 科学出版社.
- 〔8〕 武汉地质学院岩石教研室, 1982, 岩浆岩岩石学 (下册), 地质出版社.
- 〔9〕 吉林陨石雨论文集, 1979, 科学出版社.
- 〔10〕 Blanchard, M. B., et al., 1980, Meteoroid ablation spheres from deep sea sediments, Earth and Planetary Science Letters, Vol. 46, No. 2.

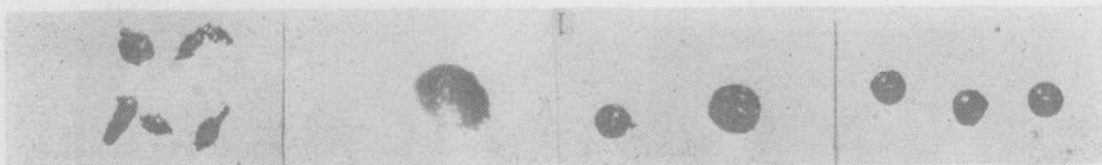
Primary Study of Cosmic Dust from Dajishan Granite

Hu Xiongwei Sun Gongan

(Yichang Institute of Geology and Mineral Resources, CAGS)

Key words: Dajishan; granite; cosmic; dust**Abstract**

Cosmic dusts with black colour, strong magnetism and average grade of 0.206 mm (from 0.1 to 0.4 mm) has been first found in the artificial placers from Dajishan granite. The shapes can be divided into three groups: sphere, ellipse sphere and irregular. According to the compositions, two types, iron and silicate spherules, are distinguished. The main minerals are as follows: wustite, magnetite, α -Fe, Cu, albite and K-feldspar. The fabrics are skeleton crystal, brain-pattern, lace-like, pearl-string etc. Chromite, SiC and whitneyite also exist in the artificial placers. All these imply that the particles are of cosmic genesis derived from extraterrestrial space. We suggest that: (1) the cosmic dusts products of nonequilibrium crystallization under the condition of low oxygen fugacity, high temperature and rapid drop in temperature; (2) the source of cosmic dust has a strong relation to the genesis of Dajishan granite, the cosmic dust may be the residues of strata from which granitic magma is originated; (3) cosmic dust in granite can be used as an indicator of genesis study of granitic rocks.



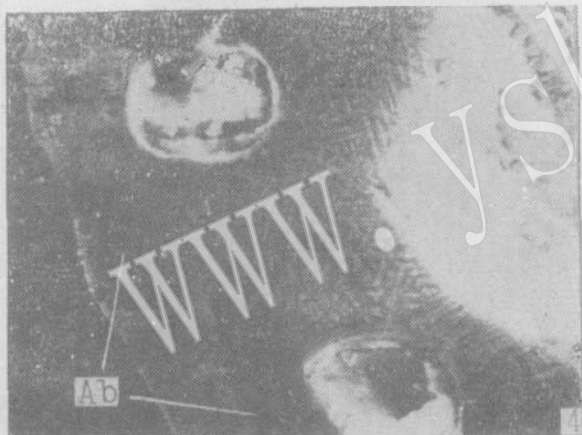
照片1 不同形态的宇宙尘, $\times 30$



照片2 网状树枝及空腔状结构, SEM, $\times 600$



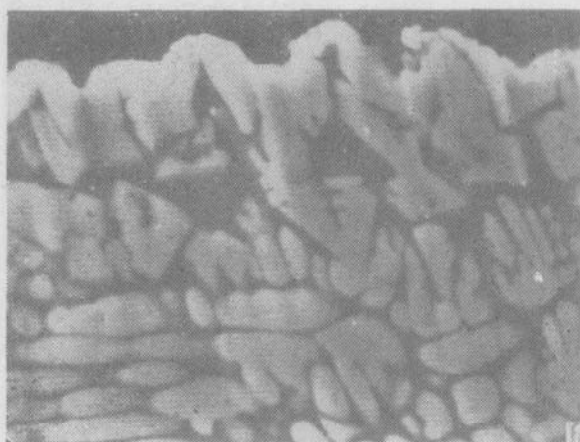
照片3 串珠结构, SEM, $\times 4000$



照片4 空腔构造, SEM, $\times 600$



照片5 骸晶结构, SEM, $\times 1000$



照片6 花边结构, SEM, $\times 2000$



照片7 脑纹结构, SEM, $\times 4000$