

大连金石滩现代沉积中首次发现宇宙球粒

宋天锐¹ 汤集刚² 张永生³ 苏 奎³
樊 馥³ 龚文强³ 王俊涛⁴

(1. 中国地质科学院地质研究所, 北京 100037; 2. 北京矿冶研究总院, 北京 100044;
3. 中国地质科学院矿产资源研究所, 北京 100037; 4. 安徽省地质调查院, 安徽 合肥 230001)

摘要: 金石滩是大连地区的国家级风景旅游地, 在玫瑰园景点的现代沉积物研究中, 首次发现了铁质宇宙球粒, 而且含量较多, 在 2.4 kg (<0.5 mm) 的砂样中分离出 18 个宇宙球粒, 其大小介于 158~423 μm , 大多数宇宙球粒的表面具有典型的熔融-凝构造, 按其表面化学成分可分为: Fe 质、Si-Al-Fe 质、Cr-Fe 质和 Ti-Fe 质等 4 种; 笔者特别对其中的 Ti-Fe 质宇宙颗粒的成分及矿物演变进行了研究, 认为宇宙球粒快速冷凝化学分异可在磁铁矿边缘形成钛磁铁矿; 对大连、西藏泽当现代沉积物中、太平洋深海现代沉积物中, 以及北京十三陵元古宙沉积岩中的宇宙球粒进行了比较, 结果表明它们在化学成分上虽有差别, 但在颗粒大小和表面结构上是类似的。

关键词: 宇宙球粒; 现代沉积; 元古宙; 大连; 北京十三陵

中图分类号: P512.2 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-3657(2011)06-1421-09

大连金石滩原来称作满家滩, 20 世纪 80 年代金县政府为了开展旅游事业改为现名。在国家自然科学基金的资助下笔者开展了包括元古宙的沉积地层、生物成矿、沉积岩石和自生矿物等方面的多项研究工作^[1-5], 本文即诸项研究成果的一部分。

1 样品采集和分析方法

1.1 采样地点

金石滩位于大连市东北, 滨临黄海, 距大连市中心约 50 km, 海岸线长约 30 km。样品采自玫瑰园景点的海岸边, 紧挨着采样点的海岸出露地层是新元古代震旦系十三里台组的叠层石灰岩和页岩^[6]。

1.2 样品特点

样品采自海岸边表层滩积物, 编号为: DL-417-9-T3H, 总量为 2.9 kg, 其中 >5 cm 的砾级为 0.5 kg, 小于 0.5 cm 的砂级部分 2.4 kg。样品中岩石矿物的组合如下: 在 >5 cm 的级别中介壳及其碎屑约为 41%, 石灰岩碎屑约 15%, 页岩碎屑约为

44%; <0.5 cm 至 2 mm 级别中壳屑约为 33%, 石灰岩屑约为 33%, 页岩屑约为 34%; 至关重要是淘取宇宙球粒的 <2 mm 部分, 其中细壳屑和石英砂以及微晶硅质颗粒的含量差不多, 共计约 38%, 石灰岩屑约为 28%, 页岩屑约 34%。以上资料与元古宙十三里台组地表出露地层的岩性描述对比^[6], 可看出样品的物质来源都是该地区的沿岸剥蚀物, 没有远源搬运物质参加。

1.3 宇宙球粒的分离方法

铁质宇宙球粒一般都是包含在 <2 mm 的较细的碎屑部分, 又因为样品是取自海岸边的现代沉积物中, 泥质成分很少, 无须进行一般重砂分析的去泥工序, 可直接采用碗淘洗法进行淘洗的分离方法来选取宇宙球粒。碗淘洗法是一种古老的重砂分离方法, 曾被中国云南个旧古代工人用于评价锡砂矿^[7], 笔者等亦曾用这一方法发现了北京十三陵元古宙常州沟组(1.8 Ga)和大红峪组(1.6 Ga)二个层位中的铁质宇宙球粒^[8,9]。

收稿日期: 2011-03-24; 改回日期: 2011-08-08

基金项目: 国家自然科学基金(40172044)资助。

作者简介: 宋天锐, 男, 1931 年生, 研究员, 博士生导师, 矿物学、岩石学、沉积学专业; E-mail: songtianrui@cags.ac.cn。

1.4 宇宙球粒的含量、型态和大小

在分析全部样品前,4次随机选取<0.5 cm 的样品各 220 g、220 g、331 g 和 324 g, 这些样品中分别挑出了 1 个,0 个,4 个和 2 个宇宙球粒,因此,随机分选概率为 1.75 粒/273.75 g;对所有 2.4 kg 样品淘洗分选后,共挑出 18 粒宇宙球粒,其顺序编号为: DLC-1、DLC-2、DLC-3...DLC-18。在双目实体显微镜下观察,所有的宇宙球粒外貌均呈球状或接近球形,大小由 150 μm 到约 400 μm,一般以 200 μm 左右的颗粒居多。

对球粒的表面和截面的抛光面主要采用扫描电镜进行分析以了解其结构构造和化学组份特征。

2 扫描电镜分析

经过淘洗所得重砂在双目实体显微镜下将宇宙球粒一一挑出,然后再粘在有导电胶的铜台上供扫描电镜分析使用。因为铁质宇宙球粒可导电,故无须喷炭即可直接进行形貌分析和成分分析。

2.1 宇宙球粒的大小、形态和表面特征

宇宙球粒的形态多数呈球形,少数为椭球形;宇宙球粒的表面一般都有骤冷过程形成的骸晶结构、

镶嵌构造(mosaic structure),包括 3 种:一种是梳齿状聚片状,一种是似方形聚片状,还有一种是排骨聚片状(图 1-a,b,c)

2.2 宇宙球粒的化学成分

共挑选了 18 个宇宙球粒或球粒碎片进行球表面扫描电镜能谱分析,其中大多数是铁质的球粒,少数为含一定数量铬、钛和含硅铝较多的球粒,分析结果见表 1;典型颗粒的表面特征、分析区域及相应能谱见图 2,3。

3 宇宙球粒的矿物学研究

从宇宙球粒表面的扫描电镜二次电子图像中可看出其化学组成的不均匀性(图 4)。球粒表面的二次电子图像,标记‘+’为分析点。

但要了解球粒内部矿物成分和结构构造特征,尚需对球粒剖切面进行研究。

为此,自其中挑选了数颗较少见的钛铁球粒磨制成抛光片以进行显微镜下观察,并在此基础上进行了扫描电镜分析。结果表明,这些颗粒绝大部分为实心球粒,个别内部则有空洞;抛光面不经浸蚀即可显示出由许多镶嵌‘块’拼接而成的镶嵌构造,占量很少的造岩组分主要在各镶嵌块间析出,钛、铁组分

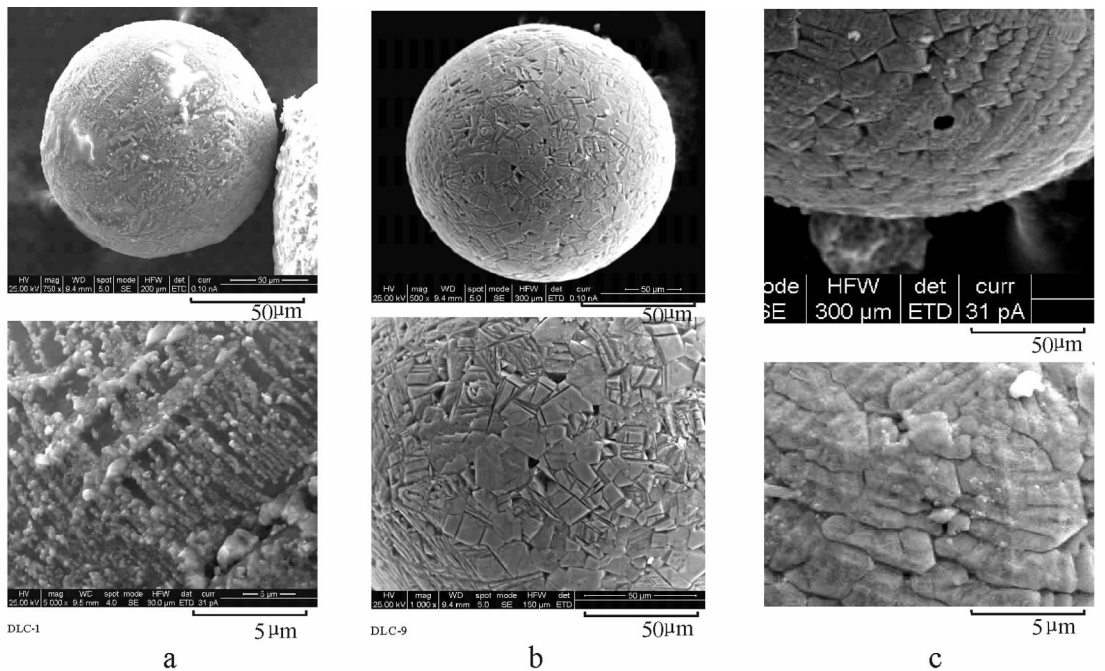


图 1 本工作中 3 种宇宙球粒表面的结构特征
a—梳齿状(DLC-1);b—似方形状(DLC-2);c—排骨状(DLC-3)

Fig.1 Three types of textural characteristics on cosmic spherule surfaces in this work
a—comb-teeth like (DLC-1);b—square-like shape (DLC-2);c—spareribs-like (DLC-3)

表 1 18 粒宇宙球粒表面区域能谱分析结果
Table 1 Analytical results of surface areas of 18 cosmic spherule grains by EDAX

元素	DLC-1	DLC-2	DLC-3	DLC-4	DLC-5	DLC-6	DLC-7	DLC-8	DLC-9	DLC-10	DLC-11	DLC-12	DLC-13	DLC-14	DLC-15	DLC-16	DLC-17	DLC-18
O	34.87	20.62	23.32	23.1	29.34	19.43	29.12	21.68	20.62	21.84	21.17	17.34	23.25	26.76	23.93	21.73	23.7	23.22
Na	0.94	0.68	0.87	0.42	0.94	1.54	1.34	0	0.48	0.18	0.73	0	0.35	0.1	0.47	0.32	1.02	0.13
Mg	1.51	1.06	0.75	0.43	0.82	1.03	1.12	0.48	0.41	0.27	0.64	0.14	0.39	0.45	0.78	0.23	2.06	0
Al	9.76	5.34	1.29	0.72	1.42	1.68	1.29	0.49	0.76	0.38	0.85	0.1	0.48	0.99	1.48	0.42	5.76	0.25
Si	20.63	7.62	1.94	0.67	1.28	1.36	1.26	1.17	0.72	0.5	0.9	0.32	0.53	0.86	1.14	1.01	1.42	0.51
S	0.16	0.26	0.32	0.28	0.42	0.95	0.92	0.15	0.22	0.2	0.55	0.06	0.25	0.07	0.15	0.12	0.15	0.21
K	2.67	0.5	0.22	0.17	0.3	0.76	0.68	0.23	0.19	0.16	0.4	0	0.16	0.12	0.19	0.15	0.25	0.21
Ca	3.72	0.5	0.3	0.11	0.52	1.1	0.61	0.26	0.29	0.19	0.26	0.13	0.17	0.75	0.36	0.16	0.44	0.2
Ti	0.61	0.57	0.26	0.07	0.93	1.97	0.55	0.15	0.43	0.21	0.26	0.2	0.13	4.97	0.17	0.09	3.63	0.08
Cr	0.14	0.24	0.3	0.09	0.27	0.84	0.5	0.25	0.29	0.11	0.19	0.16	0.12	0.08	0.18	0.22	24.82	0.31
Mn	0.49	0.53	0.68	1.28	0.56	1.24	0.79	0.42	1.3	0.61	0.56	0.73	0.59	1.38	0.54	1.56	0.45	0.2
Fe	24.21	62.07	68.79	72.45	62.55	66.19	60.83	74.32	73.46	74.99	72.89	80.16	73.3	63.1	69.85	73.73	35.57	74.27
Co	0	0	0.12	0	0	0.28	0.43	0	0.09	0	0.19	0	0	0	0.1	0	0.23	0.08
Ni	0.03	0	0.41	0.11	0.28	0.8	0.47	0	0.21	0.13	0.07	0	0.1	0.16	0.24	0	0.24	0
Cu	0.28	0	0.44	0.11	0.28	0.84	0.45	0.39	0.34	0.22	0.34	0.22	0.18	0.21	0.42	0.26	0.25	0.34

注:仪器:EDAX Company, Made in U.S.A.; 分析者:陶淑凤。

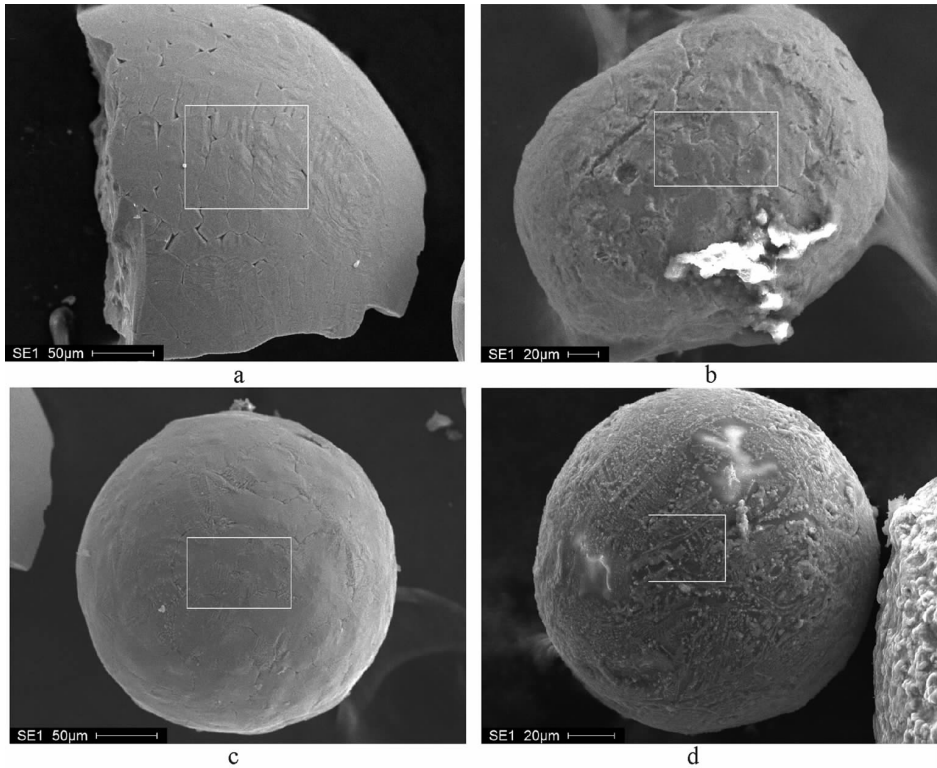
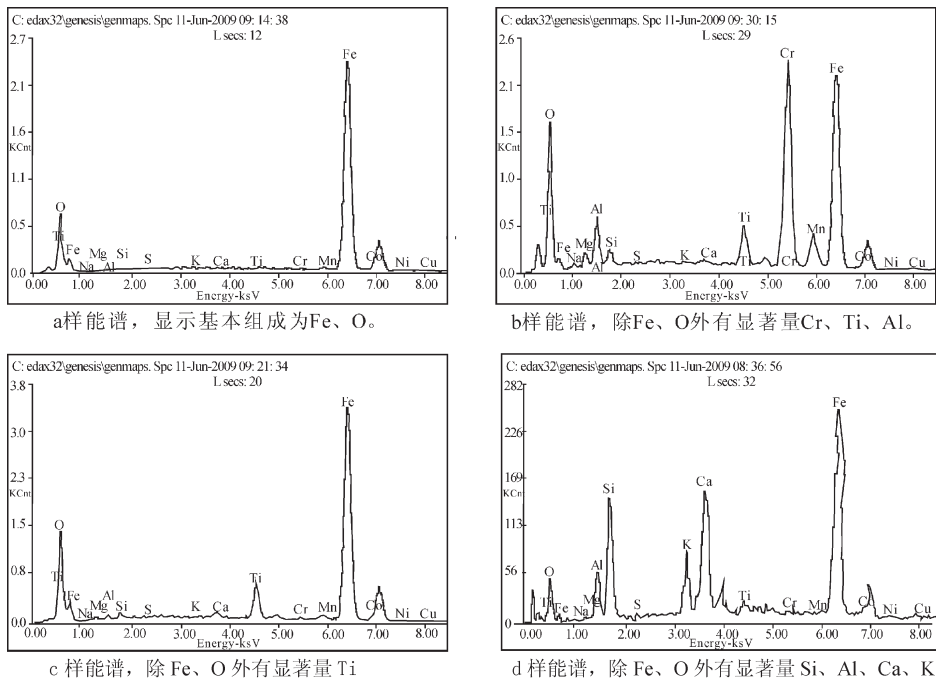


图2 4种化学成分不同的宇宙球粒及分析区域

a—铁质(DLC-12);b—铬质(DLC-17);c—钛质(DLC-14);d—硅-铝质(DLC-1)

Fig. 2 Four cosmic spherules with different chemical compositions

a—Fe-spherule (DLC-12);b—Cr-spherule (DLC-17);c—Ti-spherule (DLC-14);d—Si-Al-spherule (DLC-1)



a样能谱, 显示基本组成为Fe、O。

b样能谱, 除Fe、O外有显著量Cr、Ti、Al。

c样能谱, 除Fe、O外有显著量Ti

d样能谱, 除Fe、O外有显著量Si、Al、Ca、K

图3 和图2对应的4种表面化学成分不同的宇宙球粒能谱

a—铁质(DLC-12);b—铬质(DLC-17);c—钛质(DLC-14);d—硅-铝质(DLC-1)
(纵坐标为每秒计数;横坐标为X-射线电子千伏特;下同)

Fig.3 Energy spectrum curves of four different cosmic spherule surfaces related to Fig.2

a—Fe- (DLC-12); b—Cr- (DLC-17); c—Ti (DLC-14); d—Si-Al (DLC-1)

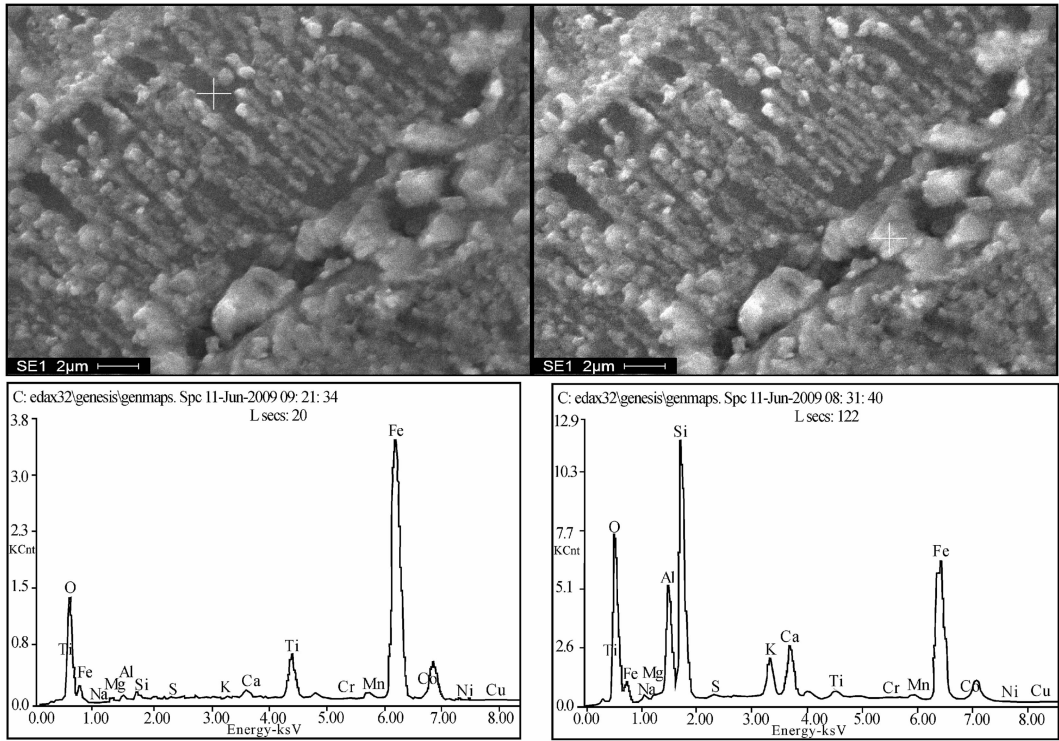


图 4 宇宙球粒表面不同部位的能谱显示组成的不均匀性

对应于左面电子图像中分析点‘+’能谱主含 Fe、Ti;对应于右面分析点‘+’的能谱‘造岩’组分高

Fig.4 Inhomogeneous composition in deferent areas on the same surface of the cosmic spherule

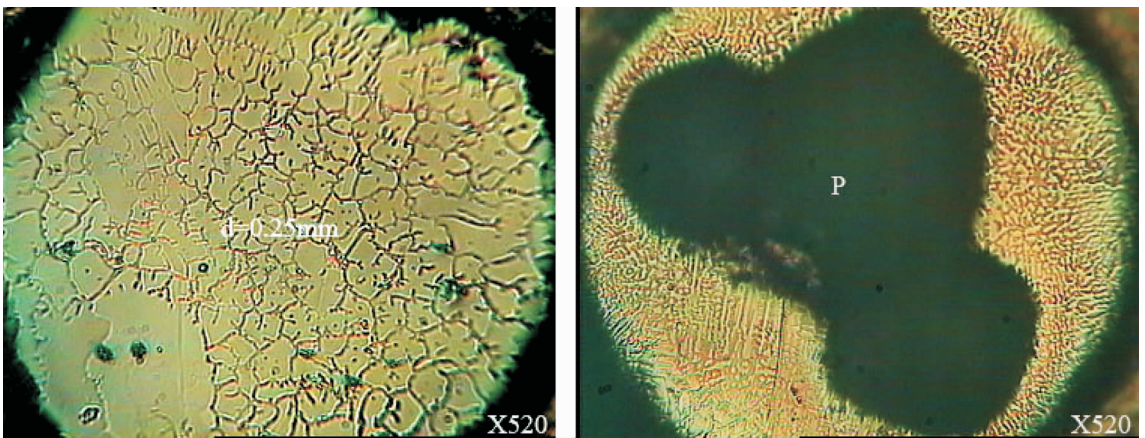
It is rich in Fe, Ti at the area marked with ‘+’ on the left image, but rich in rock-forming composition at the area on the right one

亦存在分异,这种构造是熔球快速冷却过程中形成的,见图 5。

据显微镜下特征将球粒主相鉴定为磁铁矿(含 Ti 球粒中则为钛磁铁矿),而未见方铁矿,介于各

‘镶嵌块’间的析出物因粒度极细而无法得到真实的分析数据,但可以肯定它们中除 Fe 外,Ti、Si、Ca、Mg 等亲石元素更为富集(图 6)。

抛光面背散射电子图像,分析点 A、B、C、D 的

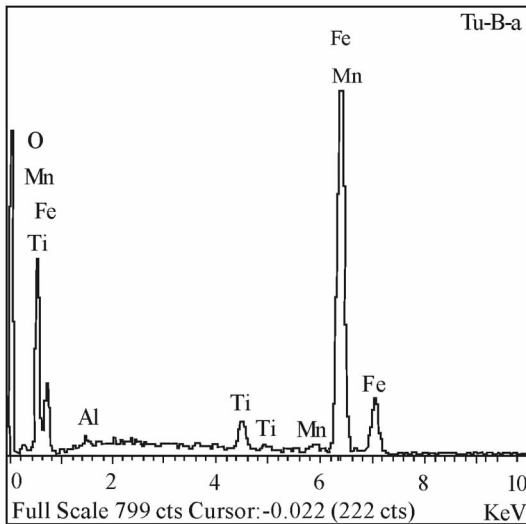
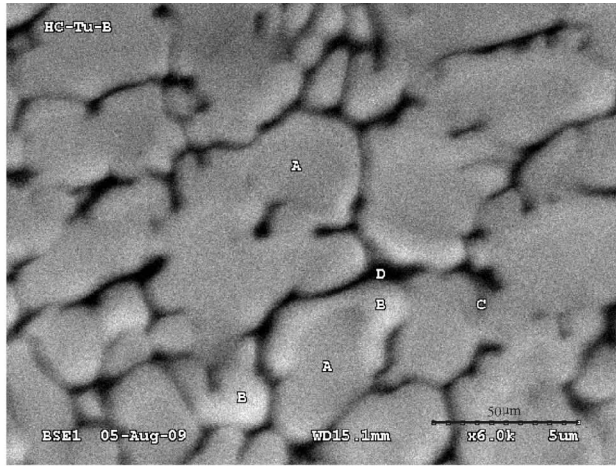


实心球粒抛光面

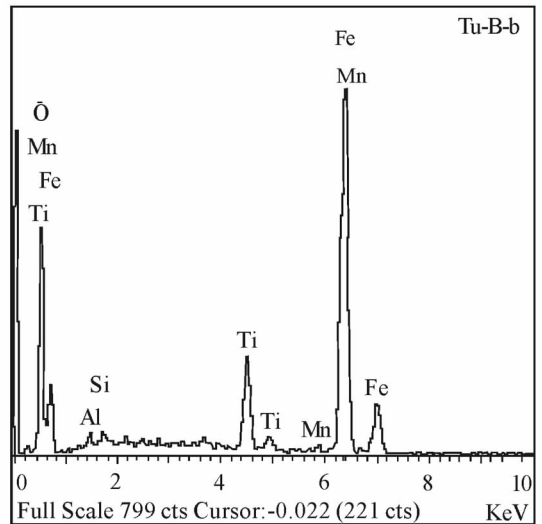
空心球粒抛光面(P-空洞)

图 5 典型宇宙球粒的抛光面镜下图(显示其内部具有由快速冷却分凝形成的‘镶嵌构造’)

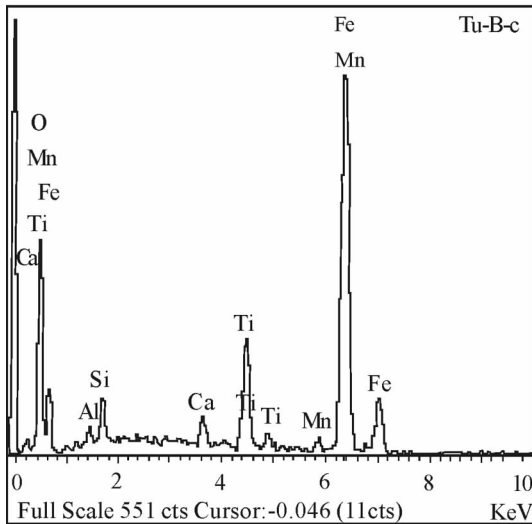
Fig.5 Typical polished surface figure of cosmic spherule under the microscope showing ‘mosaic structure’ due to fast cooling and segregation. Polished section surface of solid spherule (left), polished section surface of hollow cosmic grain(P-hole)(right)



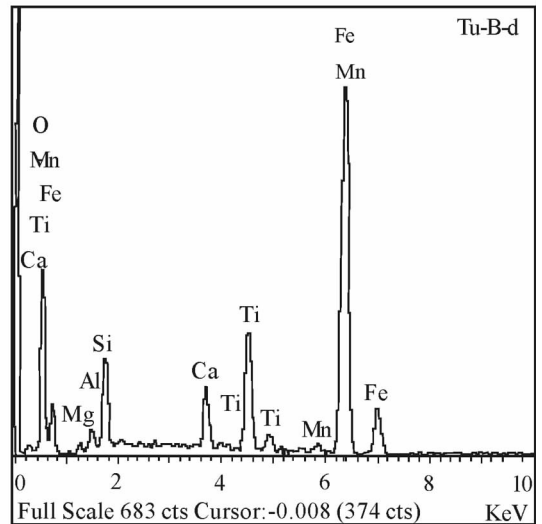
分析点A能谱 显示‘钛磁铁矿’成分



分析点B能谱 显示镶嵌块边缘明显富Ti



分析点C能谱 显示镶嵌块间富Ti、Si、Ca



分析点D能谱 显示镶嵌块间富Ti、Si、Ca、Mg

图6 显示典型宇宙球粒内部‘镶嵌块’化学成分分离的扫描电镜图像及能谱

Fig.6 SEM Image and EDAX showing chemical composition segregation of ‘mosaic block’ inside typical cosmic spherule

基本化学组成见下列相应能谱。

据球粒表面和内部扫描电镜分析资料对比可以认为,熔融体冷却→结晶过程实际上也是化学组分分异的过程,对球粒整体言总趋势是造岩组分向表面富集,而球粒内部则是向“镶嵌块”的边缘、粒间富集。由此推断,Cr-Fe 质球粒可形成铬尖晶石,Si-Al 质球粒可形成玻璃质。

4 本地宇宙球粒与其他地方宇宙球粒的对比

4.1 与西藏泽当地区的铁质宇宙球粒的对比

西藏泽当地区的宇宙球粒采自雅鲁藏布江东部的河谷现代沉积物中^[10],其中铁质宇宙球粒多为球形,球粒表面具熔蚀坑和金相纹,大小 50~400 μm ,其化学成分以氧化铁为主,都含少量铬,个别颗粒含镍较多,但不含明显数量的钛;此外,含硅铝质有一些变化 (FeO 98.79%~67.70%; Cr_2O_3 0.18%~0.26%; Ni 0~25%; SiO_2 0.64%~7.84%; Al_2O_3 0.01%~1.98%),其他成分如钙、镁、锰、钠都非常少。

4.2 与深海宇宙球粒的对比

深海宇宙球粒是 1978—1979 年由 中国海洋调查船‘向阳红 09 号’从太平洋西部数千米深的海底采集的^[11];球粒大小多为 20~200 μm ,最大为 420 μm ,铁质球粒的表面具有的融熔金相纹是一致的,所不同

的是其化学成分含 Fe 61.37%~71.19%,Ni 0.30%~37.89%,其他成分,特别是钛则非常少。

4.3 与北京十三陵元古宙宇宙球粒的对比

北京十三陵元古宙的宇宙球粒采自两个层位,一个是 1.8 Ga 的常州沟组,另一个是 1.6 Ga 的大红峪组^[8,9],其颗粒大小多在 150~300 μm ,个别长勺形颗粒的长度可达 700 μm ;常州沟组的宇宙球粒多孔隙,含 Cr_2O_3 可高达 9.56%;Ni 的含量一般都不多,相对而言大红峪组中的球粒含 Ni 量较多,由 0.05%~0.78%,而常州沟组由 0.03%~0.29%,然而在大红峪组的球粒中,含有光亮的纯铁球粒是其他地方的宇宙球粒中所未曾见到的。

通过对比可知,本次在大连金石滩发现的宇宙球粒中,有些球粒的化学组成虽然和以往所见的相似(如 Cr-Fe 质、Si-Al 质),但其中含明显数量 Ti 的 Ti-Fe 质球粒是此前未见的。

天体研究认为,绝大多数陨石(流星)在大气层的平流层上面的中层(离地表 50~80 km)即已燃尽、爆裂,而该层的温度在 -55~200°C,就是说绝大多数宇宙球粒应该是在急速降温和空气稀薄条件下形成的,它应该具有自己独特的结构构造而和在高温、强氧化条件下产生的钢铁冶炼烟尘不同,后者虽然也形成球粒状磁铁矿相,但在高温强氧化条件下表层及八面体解理中常常形成 Fe_2O_3 相(图 7),这与前面

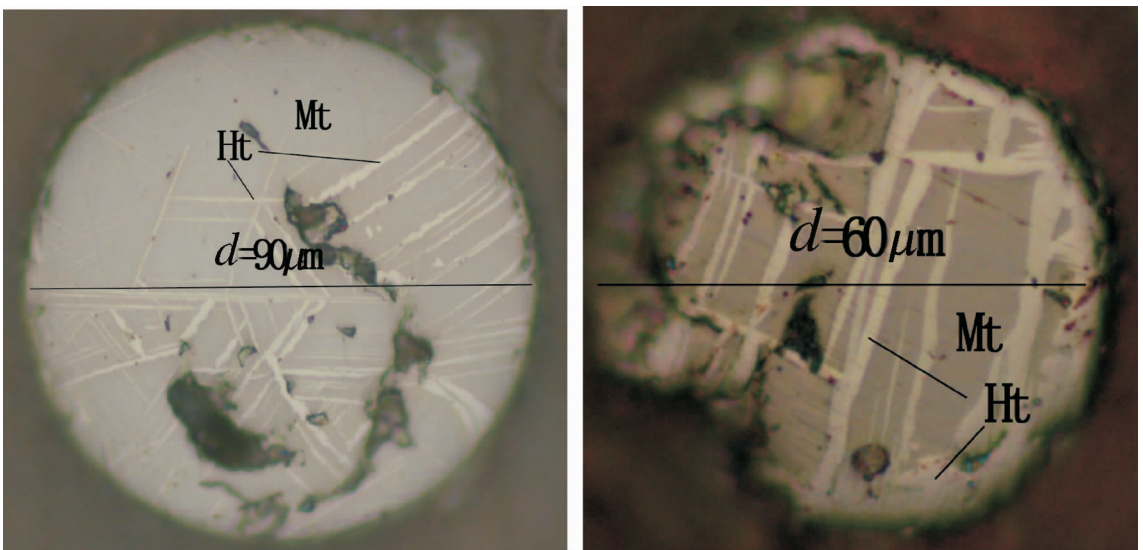


图 7 钢铁厂烟尘颗粒抛光面镜下图

(显示磁铁矿相(Mt)为赤铁矿(Ht)交代,其结构特征与宇宙球粒完全不同)

Fig.7 Polished section microscopic photographs of iron and steel plant dust, showing magnetite phase (Mt) replaced by hematite (Ht), quite different from features of cosmic spherules

所描述的现象不同(图 7),对于宇宙球粒与工业烟尘球粒的差别问题,笔者将另行撰文叙述。

5 结 论

在黄海之滨的大连金石滩发现宇宙球粒尚属首次,在现代沉积物中其含量是比较多的。球粒的大小和球粒表面的熔融金相纹和其他地区的宇宙球粒基本相同,但在化学成分上有差别,而且这次发现的钛-铁球粒前所未见,具有很好的镶嵌构造,磁铁矿相没有因熔融-氧化为赤铁矿相交替的现象,而现代钢铁厂的烟尘中没有这种镶嵌构造,却常见赤铁矿取代磁铁矿的现象。因此本文的报导为近现代沉积物中宇宙球粒的研究提供了新资料。

致谢: 本论文实地研究工作中得到大连市旅游局和金石滩国家旅游度假区管理委员会的多方帮助,在此一并致谢!

参考文献(References):

- [1] 宋天锐, 乔秀夫. 辽宁金县寒武纪早期生物矿化迹象 [J]. 矿床地质, 1992, 11(4):359-364.
Song Tianrui, Qiao Xiufu. A trace of biomineralization in the Early Cambrian of Jinxiang County, Liaoning Province [J]. Mineral Deposits, 1992, 11(4):359-366(in Chinese).
- [2] 宋天锐. 大连地区前寒武纪沉积岩中发现自生独居石及其意义 [J]. 沉积学报, 1999, (增刊), 17:663-667.
Song Tianrui. Discovery of authigenic rare earth mineral—monazite in Precambrian sedimentary rock of Dalian area and its significance [J]. Acta Sedimentologica Sinica, (Supp.)17:663-366(in Chinese).
- [3] 宋天锐, 何政军, 万渝生, 等. 前寒武纪沉积岩中自生独居石的发现及其意义[J]. 沉积学报, 2003, 21(1):118-124.
Song Tianrui, He Zhenjun, Wan Yusheng, et al. Discovery of authigenic monazite in Precambrian sedimentary rocks and its significance [J]. Acta Sedimentologica Sinica, 21 (1):118-124 (in Chinese).
- [4] 宋天锐, 张巧大, 万渝生. 一种含自生独居石富钾、富稀土的多硅白云母泥岩[J]. 沉积学报, 2003, 21(3):428-433.
Song Tianrui, Zhang Qiaoda, Wan Yusheng. A K and REE rich authigenic monazite -bearing phengite mudstone [J]. Acta Sedimentologica Sinica, 21(3):118-124(in Chinese).
- [5] 宋天锐, 万渝生, 陈振宇, 等. 中国北方元古宙沉积岩中自生稀土矿物特征及其意义——以北京: 大连地区为例 [J]. 地质学报, 2004, 78(6):822-827.
Song Tianrui, Wan Yusheng, Cheng Zhenyu, et al. Characteristics of REE minerals from proterozoic sedimentary rocks of Northern China and their significance——case studies of Beijing and Dalian Areas[J]. Acta Geologica Sinica, 78(6):822-827(in Chinese).
- [6] 乔秀夫, 宋天锐, 李海兵, 等. 辽东半岛南部震旦系-下寒武统成因地层——附大连市金石滩海岸国家级风景区旅游导游[M]. 北京: 科学出版社, 1996:1-174.
Qiao Xiufu, Song Tianrui, Li Haibing, et al. Genetic Stratigraphy of the Sinian and Lower Cambrian Strata Beach in South Liaoning Province—with the Guide of Golden Pebble Stone Scenic District of Dalian City[M]. Beijing: Science Press, 1996:1-174 (in Chinese).
- [7] 宋天锐. 重砂矿物分析方法[M]. 地质出版社, 1957:1-197.
Song Tianrui. Methods for Heavy Mineral Analysis [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1957:1-197(in Chinese).
- [8] 宋天锐, 何政军, 万渝生, 等. 北京十三陵中元古代 1.8 Ga 和 1.6 Ga 的铁质宇宙球粒研究[J]. 沉积学报, 2007, 25(4):583-588.
Song Tianrui, He Zhengjun, Wan Yusheng, et al. Study of iron cosmic spherules from 1.8 Ga and 1.6 Ga Proterozoic strata of the Ming Tombs District, Beijing[J]. Acta Sedimentologica Sinica, 25(4):583-588 (in Chinese).
- [9] Song Tianrui, He Zhenjun, Wan Yusheng, et al. A study of Mesoproterozoic iron cosmic micro-spherules from 1.8 Ga and 1.6 Ga old strata in the Ming Tombs District, Beijing[J]. Acta Geologica Sinica (English Edition), 2007, 81(4): 649-657.
- [10] 梁日暄, 宛传永, 王炳熙, 等. 西藏泽当地区的宇宙尘 [J]. 岩石测试, 1982, 1(3):1-8.
Liang Rixun, Wan Chuanyong, Wang Binxi, et al. Cosmic spherules from Zedang Xizang (Tibet) in China[J]. Acta Petrologica Minerologica et Analytica, 1982, 1(3):1-8(in Chinese).
- [11] 彭汉昌, 赵奎寰, 陈穗田. 深海宇宙尘的初步研究 [J]. 科学通报, 1981, 11:682-685.
Peng Hanchan, Zhao Kuihuang, Cheng Huitian. Preliminary study of cosmic spherules from deep sea [J]. Chinese Science Bulletin, 1981, 11:682-685 (in Chinese).

The first discovery of cosmic spherules in modern sediments of the Golden Pebble Beach (Jinshitan) in Dalian, Liaoning Province

SONG Tian-rui¹, TANG Ji-gang², ZHANG Yong-sheng³,

SU Kui³, FAN Fu³, GONG Wen-qiang³, WANG Jun-tao⁴

(1. Institute of Geology, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037, China; 2. Beijing General Institute of Mining and Metallurgy, Beijing 100044, China; 3. Institute of Mineral Resources, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037, China; 4. Geological Survey of Anhui Province, Hefei 230001, Anhui, China)

Abstract: Iron cosmic spherules were discovered for the first time in modern coastal sediments of the Rose Garden, which, as a part of the Golden Pebble Beach in Dalian City, is a nation-grade scenic spot where the quantity of cosmic spherules is fairly large. 18 grains were separated from a 2.4 kg sample whose size is less than 0.5mm. The particle sizes of cosmic spherules range from 158 μm to 423 μm , and most of them possess segregation and mosaic structure on their surfaces. The cosmic spherules can be divided into four types according to their chemical composition, i.e. Fe, Si-Al-Fe, Cr-Fe, and Ti-Fe species. The relationship between minerals in the Ti-Fe cosmic grains, which constitute a species of cosmic spherules collected there, was studied specially in this paper, and the results show that the titanium magnetite was formed around magnetite by quick cooling segregation. Comparative studies of cosmic spherules collected from modern sediments of Dalian in Liaoning and Zedang in Tibet and those from the sediments in deep sea of the Pacific Ocean as well as from the Proterozoic sedimentary rocks in the Ming Tombs of Beijing have shown that their chemical compositions are different from each other, but their particle sizes and surface characteristics are similar to each other.

Key words: cosmic spherules; modern sediments; Proterozoic; Dalian, the Ming Tombs, Beijing

About the first author: SONG Tian-rui, male, born in 1931, professor, senior researcher, supervisor of doctor candidates, mainly engages in the study of mineralogy, petrology, and sedimentology; E-mail: songtianrui@cags.ac.cn.