

内蒙东乌旗石铁陨石*

A Stony-Iron Meteorite Fallen to Dongujimqin, Inner Mongolia, China

陶克捷 杨主明 张培善

Tao Kejie, Yang Zhuming and Zhang Peishan

(中国科学院地质研究所 北京 100029)

(*Institute of Geology, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100029, China*)

摘要 1995年9月7日下午1时45分在内蒙古东乌珠穆沁旗、呼热图苏木、阿日斯楞图嘎查地区(45°30'N, 119°E)陨落了各相距10km的三块陨石,分别编号为No. 1、No. 2和No. 3,其重量分别为88.2、38.0和2.6kg。三块陨石表面的熔壳发育程度不一, No. 2和No. 3熔壳发育, No. 1不发育,表明是经历了二次爆裂破碎的结果。据肉眼观察,陨石中金属矿物和非金属矿物分布不均一,它们聚集成大小不同的团块星散分布在陨石中。No. 2陨石有4×8cm²面积大小的辉石矿物晶体。在偏光显微镜下呈现角砾状重结晶结构,辉石和橄榄石矿物呈大小不等的角砾状颗粒,并被细小重结晶的矿物包围。铁纹石中有条带状的镍纹石,二者呈网状结构。较大的铁纹石颗粒状的中部有近球状和微小粒状的陨硫铁矿物。陨石的矿物组成中,金属矿物以铁纹石为主,其次为镍纹石和陨硫铁等。非金属矿物以辉石(Fs=24.79, Wo=2.91, Eu=72.30)为主,其次有橄榄石(Fo=62, Fa=35)、斜长石(An=89.5, Ab=10, Or=0.5)、磷石英、磷镁钙矿、磷钙石和堇青石等。陨石化学成分分析表明,金属含量为50.67(%),非金属为41.76(%)。据陨石结构和矿物组成及金属和非金属矿物的比值,该陨石应为石铁陨石当中的中铁陨石(mesosiderite)。

Abstract A meteorite shower fell at 13:45' on September 7, 1995, at the area of Arisilengtugacha 150km to the southeast of the town of Dongujimqin, Inner Mongolia, China, i. e. 45°30'N, 119°E. Three fragments of 88.2 kg (No. 1), 38.0 kg (No. 2) and 2.6 kg (No. 3) were recovered from a narrow area about 20 km long in the direction of north-south. From the appearances, all of three meteorites have fusion crusts in varying degrees. The meteorite samples of No. 2 and No. 3 have more well-developed fusion crusts than the No. 1 has. It implies that the No. 1 may have experienced disruption. By the observation on surfaces of the meteorites although there are pyroxene fragments with diameters about 4 to 8 cm, which were scattered in the meteorites, most of metallic minerals (50.67%) and non-metallic minerals (41.76

* 1996-02-15 收稿, 1997-03-09 改回。

第一作者简介: 陶克捷 女 1937年出生 副研究员 矿物学专业

wt%) were finely disseminated and were inhomogeneously distributed. Among the metallic minerals the main component is kamacite and others are taenite, troilite and schreibersite. For non-metallic minerals the dominant mineral is pyroxene ($Fs=24.79$, $Wo=2.91$, $Eu=73.30$), some other minerals include plagioclase ($An=89.5$, $Ab=10$, $Or=0.5$), olivine ($Fo=62$, $Fa=38$), tridymite, stanfieldite, whitlockite and cordierite. Pyroxene is brecciform surrounded by numerous fine-grained crystals. Also the grains of olivine and plagioclase are irregular. Whithin the grain of kamacite there are banded taenite, and both of them constitute a net-like texture. Some fine-grained troilite crystals and fine-grained prismatic schreibersite crystals occurs in kamacite. According to the analyses of mineral constituents and textures, the Dongujimqin Meteorites can be identified as mesosiderite of stony-iron meteorites.

主题词 石铁陨石 内蒙东乌旗

Key words: Stony-Iron meteorite; Dongujimqin, Inner Mongolia

分类号: P185.83

Classific. code: P185.83

1995年9月7日下午1时45分,在内蒙古锡盟,东乌珠穆沁旗的呼热图卓尔苏木和阿日斯楞图嘎查($45^{\circ}30'N$, $119^{\circ}E$)地区,天空无云,突然牧民听到高空几声巨响,巨响声传至几十公里远,随即天空出现一缕青烟。牧民巴图孟克在家附近拾到一块重为88.2 kg 陨石,嵌入地下1米多深。牧民乌宁巴雅尔在家房后东北侧100m处,拾到嵌入地下半米左右重为38.0 kg 陨石。牧民巴特儿在家附近找到一个重为2.6 kg 陨石。三块陨石分别称为No. 1, No. 2 和 No. 3。三块陨石表面熔壳发育程度不一。No. 2 和 No. 3 陨石熔壳发育程度好。No. 1 陨石发育不完好,可能是由于陨石在距地面较近处又炸裂成小碎块所造成。迄今,国内外目睹石铁陨石陨落的次数很少,至1985年国外报道有73次石铁陨石,仅有10次是目睹陨落的石铁陨石(Graham et al., 1985)。在国内,陶克捷(1980)报道了我国唯一的石铁陨石。本文对这次陨落的石铁陨石作如下研究简报。

1 陨石的结构

对三块陨石的肉眼观察,陨石表面熔壳呈灰黑色,气印发育程度不一,新鲜断面为青灰色,金属矿物和非金属矿物分布不均一,有的聚集成大小不同的团块星散分布于陨石中,特别令人注目的是在No. 2 陨石表面有 $4 \times 8 \text{cm}^2$ 面积大的辉石矿物巨晶。

偏光显微镜下观察,光薄片中陨石呈角砾状重结晶结构。角砾大部分是辉石、长石、橄榄石等单矿物的棱角状碎屑,粒径约为1~5mm。其中辉石和橄榄石角砾较大。角砾周围有再结晶的矿物微晶体(图1)。辉石解理发育。长石角砾较小。细小的矿物还有铝尖晶石、堇青石、磷钙石、磷镁钙矿和磷石英等(图2a, b, c)。非金属矿物约占总体积的50%~60%。金属矿物铁纹石和镍纹石呈网状结构。较大的铁纹石颗粒中部有近球状的陨硫铁矿物。这种结构是由陨石陨落之前的母体经历了破裂作用之后的再结晶作用形成。结构中增大的粒度及发育的反应边,与Robert (1981)所列举的中铁陨石的第二类岩石结构类型是相一致的。

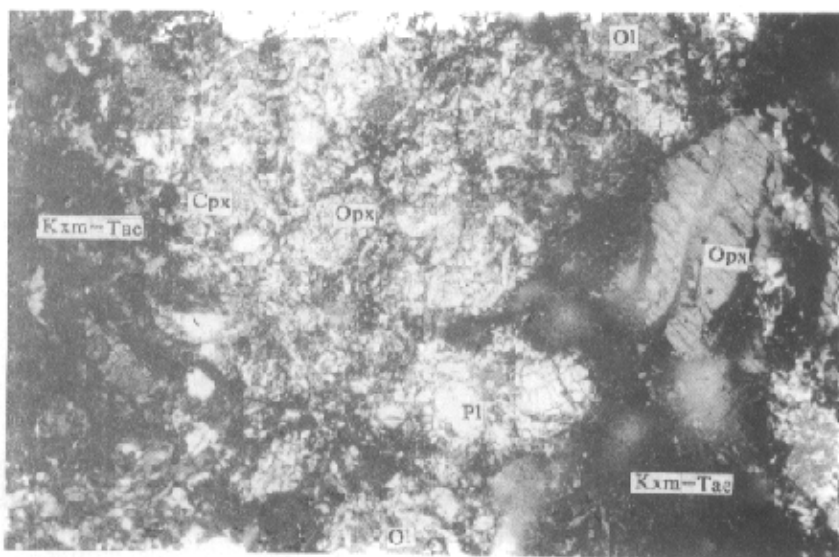


图1 东乌珠旗陨石显微照片

硅酸盐矿物角砾周围有再结晶的矿物微晶体；深色部分为金属矿物，浅色部分为非金属矿物(×540)。Opx为斜方辉石；Cpx为单斜辉石；Pl为斜长石；Ol为橄榄石；Kxm为铁纹石；Tae为镍纹石

Fig. 1 Microphotograph of the Dongujimqin Meteorites. Microcrystals of recrystallization minerals around rubbles of silicate minerals; the dark parts are metallic minerals and the light parts are non-metallic minerals. (×240)

2 陨石矿物

东乌旗陨石的矿物种类多，矿物颗粒大小有很大差异，大者可以形成巨斑，而小者在偏光镜下难以进行光学性质研究，需要借助于扫描电镜进行细致的矿物生成顺序研究。此次研究经偏光显微镜和反光显微镜的观察，用电子探针仪分析了九个矿物的化学成分(表1)。

东乌旗陨石的矿物可分为金属矿物和非金属矿物两类。金属矿物以铁纹石和镍纹石为主，有少量的陨硫铁出现，其成分见表1。铁纹石多于镍纹石，二者都具条带状和网状结构，分布在硅酸盐矿物的晶屑中。陨硫铁颗粒细小，呈散分布在辉石、磷石英和堇青石等矿物中，颗粒较大的陨硫铁分布于铁纹石中，见图2a和c。

非金属矿物主要是硅酸盐类的辉石和橄榄石，斜长石和堇青石少见。还有其他少量矿物如磷镁钙矿、磷钙矿和铝尖晶石。辉石属于紫苏辉石，呈角砾状，颗粒大小不均一，粒径一般为1~5mm。据表1，其计算的标准端员组分，Fs为24.79，Wo为2.912，Eu为72.36。橄榄石属于透铁橄榄石，多呈略大的角砾状碎屑颗粒，含量少于辉石，颗粒中有铝尖晶石小细脉(图2b)。根据化学成分(表1)，计算的端员组分，Fo为62，Fa为38， $Fe^{2+}/(Fe^{2+}+Mg)=0.385$ ， $Mg/(Fe^{2+}+Mg)=0.615$ 。斜长石和辉石关系密切，呈拉长条状分布于辉石周围。其

端员组分 An 为89.5, Ab 为10, Or 为0.5, 为中长石。堇青石呈细小不规则的颗粒存在于中长石中。在地球上堇青石是典型变质矿物, 一般出现在高温低压变质带中, 也与紫苏辉石共生(图 2c)。这里的堇青石是否是中长石高温变质形成的, 有待进一步研究。

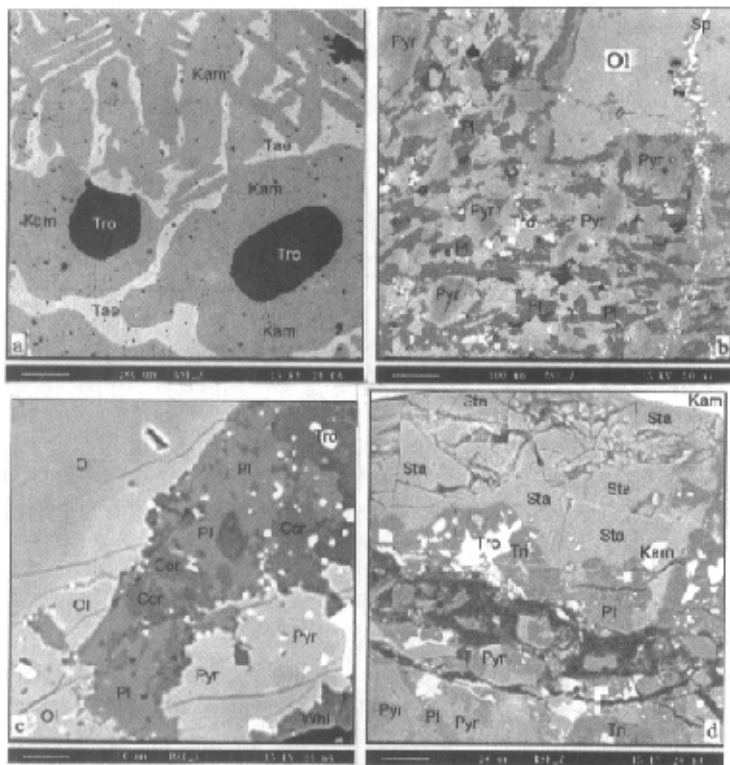


图2 东乌珠旗陨石中矿物分布的背散射电子图象

a. 金属矿物铁纹石(Kam)和镍纹石(Tae)呈网状, 深色为陨硫铁(Tro); b,c,d 为角砾状重结晶结构; 橄榄石(Ol); 斜长石(Pl); 辉石(Pyr); 尖晶石(Sp); 堇青石(Cor); 磷钙矿(Whi); 磷镁钙矿(Sta); 磷石英(Tri)

Fig. 2 The backscattered electron images of mineral distributions in Dongujimqin Meteorites; a. net-like texture of Kamacite (Kam), Taenite (Tae), the dark parts represent Troilite (Tro); b. Olivines (Ol), Plagioclase (Pl), Pyroxenes (Pyr), Spinel (Sp); c. Cordierites (Cor), Whitlockites (Whi); d. Stanfieldites (Sta), Tridymites (Tri)

表1 矿物化学成分(%)

Table 1 Chemical composition of minerals in Dongujimqin Meteorites (%)

化学成分	铁橄榄石	紫苏辉石	中长石	磷石英	堇青石	磷镁钙矿	磷钙矿	陨硫铁	铁纹石	镍纹石
Na ₂ O	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00					
MgO	29.08	26.30	0.18	0.00	10.92	16.51	3.46			
Al ₂ O ₃	0.18	0.41	30.98	0.04	33.47					
SiO ₂	36.71	53.99	51.82	100.05	49.21		0.05			
K ₂ O	0.00	0.16	0.07	0.00	0.00					
CaO	0.16	1.17	16.12	0.32	0.09	24.94	47.84			
TiO ₂	0.05	0.24	0.00	0.23	0.00					
Cr ₂ O ₃	0.43	0.78	0.12	0.00	0.14					
MnO	0.87	0.33	0.10	0.00	0.27	1.04				
FeO	32.43	17.14	0.52	0.39	5.38	9.31	1.31			
NiO	0.09	0.00	0.00	0.15	0.29	0.01				
P ₂ O ₅						49.03	47.52			
S								36.80		
Fe								63.87	93.97	61.40
Ni								0.07	5.35	37.62
总量	99.99	100.51	100.91	101.19	99.78	100.82	100.19	100.74	99.02	99.33

分析者: 中国科学院地质研究所徐平.

磷镁钙矿是地球上少见的矿物, 偏光显微镜下为无色透明, 表面极干净, 干涉色一级黄, 出现于铁纹石和斜长石中间, 与磷石英共生. 矿物晶体内有铁纹石的小晶体(图 2d), 其成分见表 1. 磷钙矿在陨石中含量较少, 与辉石共生(图 2c). 磷石英呈细小颗粒存在于磷镁钙矿和紫苏辉石中(图 2d).

3 陨石的化学成分

本次测定东乌旗陨石的样品是一个混合样, 由选自 No. 1 和 No. 3 陨石多个部位的样品混合而成. 用湿法分析, 数据见表 2. 化学成分中硅酸盐总量和金属总量与报道的中铁陨石近于一致, 计算的原子数比值: Al/Mg 为 0.446, Si/Mg 为 2.211, Mn/Mg 为 0.032, Ca/Mg 为 0.315. 其中 Mn/Mg 值与相关的无球粒陨石相比较明显偏高, 而其他元素比值则较一致(图 3). 但计算的硅酸盐组分(表 2 上半部分)中, SiO₂ 明显低. 而 FeO 明显的高.

4 结语

东乌旗陨石具角砾状重结晶结构. 金属矿物以铁纹石和镍纹石为主, 呈网状分布在硅酸盐矿物的晶屑中. 非金属矿物主要是辉石和橄榄石. 硅酸盐组分与金属组分含量分别为 41.76% 和 50.67%. 这些特征与报道的中铁陨石是一致的, 但较低的 SiO₂, 较高的 FeO、FeS 和 Mn/Mg 值表明东乌旗陨石的独有的特点. 它在陨落之前的母体可能经历破裂和重结晶事件, 进一步的研究正在进行.

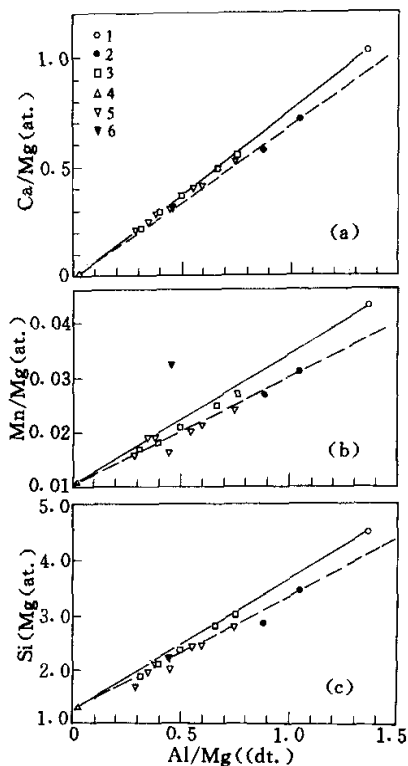


图3 中铁陨石中硅酸盐组分的部分元素原子比值变化及其与相关无球粒陨石的比较

1. 堆晶岩钙长辉长陨石；2. 快速结晶的钙长辉长陨石；
3. 古铜钙长无球粒陨石；4. 奥长古铜无球粒陨石；5. 中
- 铁陨石(以上据 Robert, 1981)；6. 东乌旗陨石

Fig. 3 Variation of selected element ratios in the silicate fraction of mesosiderites

表2 东乌旗石铁陨石与其他三个石铁陨石化学成分(%)的对比

Table 2 The comparison (%) of chemical compositions in four stony-iron meteorites

陨落地点	东乌旗	涪源	Car.	Mor.
SiO ₂	33.38	49.54	49.59	51.28
MgO	10.10	13.62	13.84	12.22
FeO	41.30	15.44	15.35	15.59
Al ₂ O ₃	5.70	8.26	9.81	9.68
CaO	4.41	7.77	6.61	6.70
MnO	0.60	0.49	0.57	0.56
TiO ₂	0.45	0.63	0.52	0.57
P ₂ O ₅	2.13	2.47	0.97	0.67
K ₂ O	0.02			
Na ₂ O	0.17			
Cr ₂ O ₃	1.03			
H ₂ O ⁺	0.65			
烧失量		1.77	(2.74)	(2.73)
总量	100.00	100.00	100.00	100.00
硅酸盐	41.76	44.06	44.60	49.50
FeO	43.29			
NiO	7.12	6.80	8.83	8.55
CoO	0.26			
CuO	0.04			
PbO	0.03			
ZnO	0.03			
金属	50.67	52.95	54.60	49.80
FeS	6.39	0.37	0.76	0.66

1. 东乌旗(本文)数据分析者为中国科学院地质研究所董光复；2. 涪源陨石引自陶克捷(1980)；3. Car. and Mor. 分别为 Carborchard and Morristown (Powell, 1971).

致谢 内蒙古东乌穆沁旗满都拉和苏乙拉图，以及北京天文馆王玉卿等参加野外考察，在此一并表示感谢。

参 考 文 献

陶克捷. 1980. 涪源中陨铁陨石. 地质科学, (3): 390~197
 Graham A L, Bevan A W and Hutchison R. 1985. Catalogue of Meteorites. The University of Arizona Press.
 Powell B N. 1971. Petrology and chemistry of Mesosiderites-1. Geochimica et cosmochimica Acta, 35: 1~6
 Robert T D. 1981. Meteorites. Cambridge University Press.