安徽亳县陨石考察及矿物研究

王奎仁　王俊新　李学明
（中国科学技术大学地球和空间科学系，合肥）

一、亳县陨石考察

1977年10日20日下午2时30分左右，在安徽省亳县张沃公社吝子门大队降落了两块陨石，命名为一号陨石和二号陨石(见图1).25日我们赶到现场考察.据阎学文等几十人介绍，当时观察一号陨石降落的约200余人. 开始听到象飞机呜呜响声，然后有点象鞭炮噼叭噼叭的爆炸声，落地时尘土腾空而起，象烟雾一样，尘柱约六、七米高. 由于当时人们很惊疑，不敢立即接近，后隔一个半小时取出，该陨石已不热了. 一号陨石重5.5公斤，高16.5厘米，底面积直径为12厘米，接近顶部直径为9厘米，近似锥体. 降落地点位于吝子门大队小阎庄西南约200米处. 经度为115°33′，纬度为33°53′. 坑深约50厘米，坑口30厘米，坑口至坑底轴线与地面倾角为50—70°. 由于陨石坑已被取陨石者破坏，只能根据他们的回忆而得到上述参考数据的. 二号陨石重约2公斤，降落地点位于吝子门大队吝楼庄阎国民家的院内，经度为115°34′，纬度为33°54′. 打坏一墙角，并由墙上再反射到地下，地下小坑呈椭球形，长轴19厘米，短轴13厘米. 一号和二号陨石相距2000米左右，在空中运行方向均为NE45°. 一号陨石样品完整，全部收集. 二号陨石由于当时被社员阎国清好奇而破碎，分散在阎东林等几个学生手中，经动员后，只交出一小部分. 这两块陨石分别呈锥体和椭球形，表面灰黑色，新鲜面为浅灰色. 由于陨石和大气层相互作用而引起高温，致使表面有明显的烧蚀现象，具0.5毫米厚的灰黑色烧蚀层，气印(烧蚀坑)发育，烧蚀层龟裂花纹清晰可见(见图2). 一、二号陨石均为明显的球粒结构，球粒直径一般为1.5—0.5毫米，二号陨石中最大的一颗球粒直径可达1.2厘



图1　左为二号陨石碎块，右为一号陨石

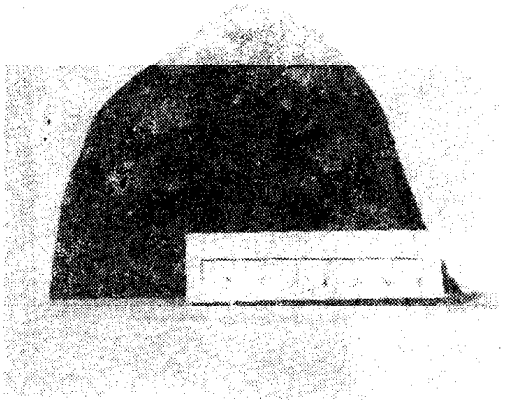


图2　烧蚀层中的龟裂花纹

本文1985年8月5日收到.

米．经比重测定，一号陨石为 3.426，二号陨石为 3.419．

二、矿物研究

我们通过多种方法初步查明，该陨石有镁橄榄石、贵橄榄石、透铁橄榄石、古铜辉石、顽火辉石、斜顽辉石、顽火透辉石、易变辉石、斜长石、正长石、白磷钙矿、石英、黑云母、白云石、方解石、刚玉、陨硫铁、铁纹石、镍纹石、铬铁矿、镁铁尖晶石、钛铁矿、镍黄铁矿、石墨、磁铁矿、方铁矿、自然铜及待定矿物数种．75 个橄榄石电子探针分析数据表明了 F_a 值变化范围及数量为：2—17%(9 个)，21—26%(19 个)，27—29%(47 个)．部分探针分析数据见表 1．59 个辉石电子探针分析得出 F_s 变化范围为 9—28%，多数为 13—22%．部分探针数据见表 2．斜长石与正长石都是呈微晶集合体出现．斜长石的电子探针分析为 Na_2O 7.42%、MgO 3.82%、Al_2O_3 27.13%、SiO_2 51.37%、K_2O 1.85%、CaO 4.20%、TiO_2 0.85%、Cr_2O_3 0.53%、MnO 0.07%、FeO 2.80%．正长石的电子探针分析为 MgO 0.13%、Al_2O_3 18.33%、SiO_2 64.95%、K_2O 16.14%、CaO 0.30%、TiO_2 0.02%、MnO 0.10%、FeO 0.17%、FeO 0.17%．石英、刚玉、白云石、方解石、白磷钙矿和黑云母极少量．陨硫铁主要为自形、半自形晶以及聚晶集合体，双晶发育，产状多样．其探针分析 Fe 64.53—66.74%、S 32.75—35.42%、Ni 0—0.02%、Co 0.02—0.05%．铁纹石与镍纹石密切连生，产状与陨硫铁相同．铁纹石的探针分析 Ni3.87—14.88%，含 Co 0—1.69%．镍纹石的探针分析 Ni 25.88—53.47%，含微量 Co．铬铁矿为自形、半自形晶，产状多样．探针分析 FeO 31.09—39.33%、Cr_2O_3 55.39—61.22%、TiO_2 0.76—2.90%、MnO 0.43—0.55%、MgO1.09—2.07%、Al_2O_3 1.70—4.02%、Na_2O 0—0.1%、CaO 0.02—0.11%．钛铁矿也呈自形、半自形晶、产状与铬铁矿相同．其探针分析 FeO 42.79—45.63%、TiO_2 50.88—53.22%、MnO 0.48—0.86%、Cr_2O_3 0—0.22%、MgO 2.32—3.04%、Al_2O_3 0—0.02%、Na_2O 0—0.04%、CaO 0—0.07%．镁铁尖晶石呈自形，只见分布于贵橄榄石中．其探针分析

表 1　亳县陨石中橄榄石的部分电子探针数据

成分(重量%) / 编号	SiO_2	MgO	FeO	Al_2O_3	Na_2O	K_2O	CaO	TiO_2	MnO	Cr_2O_3	P_2O_5	总计	备注 F_a%
基 1-30	38.63	35.38	25.08	0.00	0.01	0.00	0.06	0.02	0.46	0.02	0.00	99.66	28.46
基 4-36	38.54	35.81	24.98	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.40	0.06	0.06	99.88	28.14
基 5-37	38.58	35.80	24.32	0.00	0.00	0.00	0.02	0.02	0.37	0.01	0.04	99.16	27.60
基 6-39	38.63	35.54	25.25	0.00	0.00	0.00	0.01	0.03	0.33	0.03	0.02	99.84	28.50
基 7-4.1	38.22	35.44	25.85	0.03	0.07	0.00	0.05	0.09	0.29	0.04	0.00	100.08	29.05
基 8-4.3	38.01	35.76	25.64	0.00	0.01	0.00	0.02	0.04	0.32	0.08	0.09	99.97	28.69
No. 12-1	38.83	36.35	24.69	0.00	0.01	0.00	0.04	0.00	0.35	0.03	0.04	100.34	27.60
12-4-1-5	39.23	35.46	24.60	0.00	0.00	0.00	0.04	0.02	0.35	0.00	0.02	99.72	28.02
12-4-2-7	39.01	36.29	23.41	0.05	0.01	0.00	0.00	0.00	0.30	0.10	0.00	99.17	26.58
12-4-3-9	38.91	36.23	23.55	0.00	0.01	0.00	0.05	0.04	0.38	0.01	0.00	99.18	26.72
6-6	41.44	48.96	8.46	0.09	0.03	0.01	0.01	0.00	0.32	0.24	0.03	99.59	8.83
12-4-5-14	38.85	35.34	24.44	0.02	0.00	0.00	0.03	0.02	0.42	0.00	0.00	99.86	27.96
No. 5-2-4	41.52	46.02	11.81	0.07	0.04	0.00	0.02	0.01	0.04	0.30	0.02	99.85	12.59
光-1-1	38.21	36.41	24.33	0.00	0.06	0.00	0.04	0.01	0.51	0.01	0.05	99.62	27.27
No. 12-16	39.73	40.90	18.87	0.01	0.00	0.00	0.03	0.00	0.29	0.03	0.00	99.85	20.56
No. 12-4-1	38.94	36.67	24.49	0.00	0.01	0.00	0.06	0.00	0.39	0.00	0.01	100.57	27.25

表 2　亳县陨石中辉石的部分电子探针数据

成分（重量%） / 编号	SiO_2	MgO	FeO	Al_2O_3	Na_2O	K_2O	CaO	TiO_2	MnO	Cr_2O_3	P_2O_5	总计	备注			
													F_s%	E_n%	W_o%	矿物名称
No. 3-6	56.78	31.99	9.83	0.60	0.06	0.00	0.57	0.04	0.08	0.49	0.00	100.44	14.54	84.37	1.09	斜顽辉石
No. 2-4	54.49	29.54	11.24	2.52	0.12	0.00	1.18	0.11	0.39	0.80	0.00	100.39	17.19	80.50	2.31	斜顽辉石
No. 1-2	54.13	29.69	13.77	0.27	0.17	0.00	0.42	0.03	0.63	0.33	0.00	99.49	20.48	78.72	0.80	古铜辉石
No. 5-1	53.80	27.70	14.71	1.85	0.18	0.00	1.33	0.13	0.12	0.45	0.00	100.27	22.36	75.05	2.59	古铜辉石
16-9	55.71	14.83	4.56	8.79	1.18	0.05	11.81	0.45	0.17	1.57	0.06	99.18	9.89	57.30	32.81	顽火透辉石
14-2-6	57.84	28.62	11.45	0.25	0.09	0.00	0.47	0.04	0.45	0.27	0.00	99.48	18.16	80.88	0.95	古铜辉石
14-1-4	55.96	26.61	15.57	0.12	0.04	0.00	0.22	0.00	0.37	0.45	0.00	99.34	24.61	74.95	0.44	古铜辉石
No. 4-8	56.23	31.88	10.68	0.43	0.04	0.00	0.56	0.01	0.09	0.41	0.05	100.38	15.65	83.30	1.05	斜顽辉石
No. 1	53.45	25.10	13.99	1.76	0.54	0.00	3.80	0.14	0.61	0.36	0.03	99.78	22.00	70.34	7.66	易变辉石
13-3-2-23	56.11	28.75	11.18	0.33	0.12	0.00	1.86	0.09	0.53	0.46	0.04	99.47	17.25	79.07	3.68	古铜辉石
12-1-4	56.28	31.36	11.95	0.20	0.08	0.00	0.18	0.01	0.34	0.48	0.00	100.88	17.55	82.11	0.34	古铜辉石
12-3-3-26	59.03	20.22	11.95	3.01	0.77	0.00	3.36	0.15	0.32	0.48	0.00	99.29	22.85	68.92	8.23	易变辉石
No. 12-20	59.02	34.34	6.38	0.36	0.07	0.00	0.27	0.00	0.09	0.40	0.20	100.86	9.39	90.10	0.56	顽火辉石
No. 12-5	51.14	17.24	5.60	7.99	0.05	0.00	15.87	0.73	0.09	0.90	0.00	99.61	9.88	54.23	35.89	顽火透辉石
No. 13-3	50.19	16.11	5.70	10.68	0.14	0.00	15.84	0.56	0.19	0.24	0.07	99.72	10.41	52.48	37.10	顽火透辉石
No. 12-18	57.37	30.44	8.29	1.43	0.02	0.00	1.49	0.12	0.21	0.86	0.03	100.26	12.86	84.17	2.97	斜顽辉石

FeO 16.49%、Cr_2O_3 6.87%、Al_2O_3 54.93%、MgO 17.27%、SiO_2 0.25%、CaO 0.12%、MnO 0.07%. 方铁矿呈粒状、脉状、网脉状，分布于铁纹石、镍纹石边缘. 探针分析 FeO 98.00%. 镍黄铁矿呈脉状，分布于陨硫铁中. 探针分析 Ni 20.78—21.12%、Fe 45.56—46.99%、S 30.99—31.91%、Co 0.32—0.40%、Cu 0.01%. 自然铜呈粒状、不规则粒状、片板状、锯齿状、主要分布在铁、镍纹石中，探针分析 Cu 95.75—98.81%、Fe 3.00—4.66%、Ni 1.26—2.40%、Co 0.03%、As 0.02%、S 0.08—0.16%.

三、讨　论

1. 亳县陨石的化学——岩石类型为 LL_4. 其化学群 LL[1,2]的依据：橄榄石 F_a 值主要范围为 27—29%；一、二号陨石全岩比重分别为 3.426 和 3.419；该陨石主要化学参数

$$Fe/SiO_2 = 0.50、Fe^{\circ}/Fe = 0.21、SiO_2/MgO = 1.57$$

(李彬贤等[3]分析). 岩石类型为 4 的依据：大多数橄榄石成分的均匀化；有较多的单斜辉石；斜长石呈微晶集合体；镍的最高含量可达 53.7%；球粒轮廓分明.

2. 根据全岩的X射线多次分析结果，其橄榄石 d_{130} 值较稳定，为 2.784Å. 由它求出 F_a 值[4]与本文所进行的大量探针分析得出的 F_a 值为 27—29% 是一致的. 因此，建议只需进行全岩的X射线分析以求出 F_a 值而划分球粒陨石化学群，这样可以节省许多电子探针的费用和精力.

3. 本文总结了不同化学群的钛铁矿的成分，发现钛铁矿中 FeO 的含量多少能反映化学群之间的差异. 随着化学群 H → L—LL 的变化，钛铁矿 FeO 的含量是逐渐增高的. 本文建议今后可以把它作为划分陨石化学群的参数. 由于前人[2-3]对所有陨石中钛铁矿研究得很差，绝大部分陨石都缺乏钛铁矿探针分析数据，因此，要详细地划分出一个可靠的参数范围还需要进一步工作.

4. 有热变质[5]作用，其依据：橄榄石成分均匀化；单斜辉石变成斜方辉石；陨硫铁晶形完好、双晶发育；玻璃质球粒脱玻；在重叠的球粒中见有后来生长的一组光性方位相同的辉石穿切整个重叠球粒；放射状结构辉石演变成板条状结构辉石.

5. 有冲击变质[5]作用，其依据：橄榄石、辉石、陨硫铁有明显的裂纹；辉石有明显的波状消光；单斜辉石形成聚片双晶；陨硫铁及钛铁矿中有时能见到聚片双晶；有金属球粒群出现；有些球粒中有错动现象；脉状陨硫铁常见.

致谢：本文的电子探针分析由地科院矿床所及马鞍山矿山研究院电子探针室协助完成，特此致谢.

参　考　文　献

[1] Van Schmuns, W. R. and Wood, J. A., A Chemical-petrological classification for the Chondritic meteorites, *Geochim et Cosmochim. Acta*, **31**(1967), 747—765.
[2] Wasson, J. T., *Meteorites*, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 1974, 18—25, 175.
[3] 李彬贤等，安徽亳县陨石的化学成份，第二次全国陨石学、空间化学和空间地质学学术讨论会论文摘要汇编，1984，9.
[4] Fisher, G. W. et al., *Am. Mineralogist*, **54**(1969), 741—753.
[5] 吉林陨石雨论文集编辑组，吉林陨石雨论文集，科学出版社，1979，295—302.