13 Baumgartner S, Beer J, Suter M, et al. Chlorine 36 fallout in the Summit Greenland Ice Core Project ice core. Journal of Geophysical Research, 1997, 102(C12): 26659~ 26662

14 Yiou F, Raisbeck G M, Baumgartner S, et al. Beryllium 10 in the greenland ice core rroject ice core at summit. Greenland, Journal of Geophysical Research, 1997, 102(C12): 26783~ 26794

15 McHargue L, Damon P, Donahue D. ^{10}Be anomalies, geomagnetic excursions and supernovae. In: Proc 23rd Int Cosmic Ray Conf, Calgary, 3, 1993. 854~ 860

16 Castagnoli C C, Albrecht A, Beer J, et al. Evidence for enhanced ^{10}Be deposition in Mediterranean sediments 35kyr BP. Geophysical Research Letters, 1995, 22(6): 707~ 710

17 Clapperton C M. Glacial geomorphology, quaternary glacial sequence and paleoclimatic inference in the Ecuadorian Andes. In: Gardiner V, ed. International Geomorphology 1986, Part Ⅱ. New York: John Wiley, 1987. 843~ 870

18 王宁练, 姚檀栋, Thompson L G. 青藏高原古里雅冰芯中 NO_3^- 浓度与太阳活动. 科学通报, 1998. 43(3): 309~ 312

19 Tric E, Valet J P, Tucholka P, et al. Paleointensity of the geomagnetic field during the last 80 000 years. Journal of Geophysical Research, 1992, 97(B6): 9337~ 9351

20 汤懋苍. 大冰期、冰期、小冰期和冰川波动原因的内在统一性. 见: 第五届全国冰川冻土学大会论文集(下册). 兰州: 甘肃文化出版社, 1996. 828~ 832

(1998-05-22 收稿, 1998-09-27 收修改稿)

安徽庐江陨落的石陨石

洪吉安 高大旗④ 王奎仁 方 磐④

(中国科学技术大学地球与空间科学系, 合肥 230026; ④安徽省地质矿产局, 合肥 230001)

摘要 对 1994 年陨落在安徽省境内的庐江陨石的陨落情况、矿物相组成、球粒、冲击变质现象及其氧化现象等进行了介绍. 组成该陨石的矿物有: 橄榄石、古铜辉石、透辉石、斜顽辉石、斜长石、白云母、金云母、白磷钙矿、铁纹石、镍纹石、陨硫铁、铬铁矿、钛铁矿和铁的氧化物等. 根据矿物学和岩石学特征, 初步确定该陨石化学岩石类型为 LL6.

关键词 庐江 陨石 矿物 氧化现象 分类

1 庐江陨石的陨落

1994 年 11 月 1 日 18 时左右, 在安徽省庐江县乐桥镇附近陨落了一块陨石, 并命名为庐江陨石(图 1). 整个陨石重约 10 kg, 该陨石长 23.5 cm, 厚 12 cm, 宽 14~ 18.3 cm. 陨石表面呈黑色, 新鲜面灰色. 由于陨石与大气层相互作用引起的高温, 致使表面有明显的烧蚀现象, 具 1 mm 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.



图 1 庐江陨石局部照片

一般质量大的陨星在降落过程中, 通过大气层时受到相当强大的不均匀冲击压力的作用, 结构不稳定, 便会在 12~ 30 km 的高空分裂成许多

碎片, 散落而成陨石雨, 如吉林陨石雨[1, 2]. 庐江陨石可能快接近爆裂的临界大小, 所以在陨石内部已出现了裂隙, 并且可以观察到沿这些裂隙发育的很薄的黑色薄片(约 0.1 mm 厚), 这应是高温、高压作用影响的结果, 类似表面熔壳的成因.

2 庐江陨石的矿物相组成

组成庐江陨石的透明矿物有: 橄榄石、古铜辉石、透辉石、斜顽辉石、斜长石、白云母、金云母、白磷钙矿; 不透明矿物有: 铁纹石、镍纹石、陨硫铁、铬铁矿、钛铁矿和铁的氧化物等.

橄榄石和辉石是庐江陨石的最主要组成矿物. 19 个橄榄石颗粒的电子探针分析结果表明, F_a 值基本上集中在 26.2~ 28.2 之间(平均结果 F_a= 27.84 ±0.75), 这表明橄榄石是贵橄榄石, 成分较均匀. 但有 2 个橄榄石 F_a 值分别为 20 .8 和 3.55, 其中的一个甚至是镁橄榄石. 低钙辉石主要是斜方辉石, 其 成分非常均匀, F_s 值为 23.7~ 24.1, 所以这些斜方辉石都是古铜辉石. 单斜辉石量较少, 基本上是斜顽辉石. 低钙辉石 CaO 含量约 2.0%. 陨石中的斜长石成分很不均匀. 铁纹石和镍纹石紧密共生在一起, 原来本是同一相, 由于条件的改变, 而发生出溶现象, 呈镶嵌结构共生在同一个铁镍金属颗粒中, 彼此不但存在成分的差别, 而且存在相结构的差别[3, 4]. 金属颗粒中, Ni 含量(质量) 由 3.577%~ 48.493%, 含 Co 从 0.413%~ 2.692%, 并且 Co 的含量与 Fe 的含量呈正相关关系:

$$Co(\%) = -2.023 + 0.048Fe(\%)$$ (相关系数 γ= 0.977).

陨硫铁中铁的含量为 60.469%~ 62.941%, 镍为 0.046%~ 1.741%, 成分不均匀. 钛铁矿成分归一后, FeO 为 42.81%, MgO 为 3.20%.

在庐江陨石中岩石变质程度很深, 球粒界线不明显, 在 10 多块岩石薄片中, 仅能分辨出 7 个球粒. 球粒的大小比较均匀, 约 0.5~ 1.0 mm. 这些球粒基本上都是由辉石组成的(如图 2), 有的含有少量的陨硫铁和斜长石.

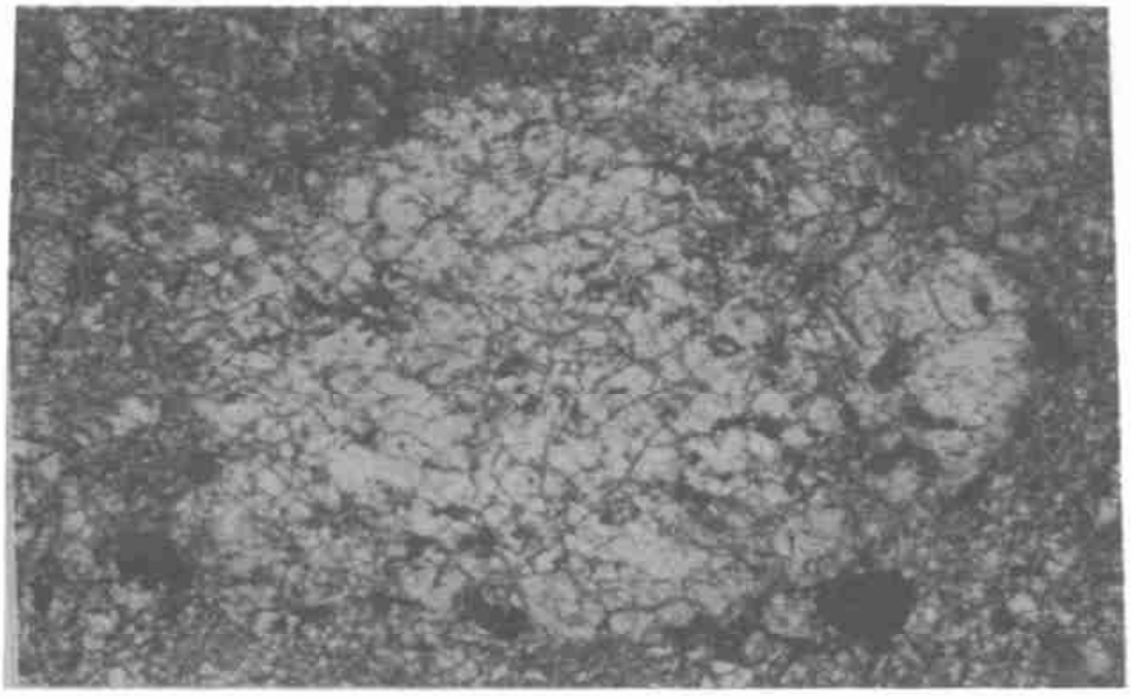


图 2 庐江陨石中的辉石球粒(单偏光, 12.5×2.5)

这些球粒有下列构造: ( ) 放射状或扇状构造. 细小的辉石颗粒呈线状排列成纤维束, 这些纤维束由球粒的边缘某处向其他方向发散, 呈扇状; ( ) 条带状构造. 细小的辉石颗粒组成纤维束平行排列而成. 在这些辉石条带之间, 分布有陨硫铁和斜长石; ( ) 粒状构造. 球粒基本上由单一的辉石组成, 有的甚至是一个辉石颗粒, 但解理和裂理均比较发育, 碎裂成细粒状.

3 冲击变质特征和氧化现象

在整个陨石中, 组成矿物主要以 2 个粒级出现, 辉石可以达到 0.1mm 的粒径, 橄榄石的粒径约0.01 mm. 同时硅酸盐矿物遭受了明显的破碎作用, 大颗粒辉石又普遍碎成了粒径约 0.01 mm的小颗粒, 但彼此之间未见相对运动, 岩石也未见角砾构造.

稍大的透明矿物辉石和白磷钙矿, 均能发现波状消光现象, 同时云母的双晶纹发生弯曲; 陨硫铁出现镶嵌结构和局部熔融特征; 橄榄石发生过重结晶作用.

从以上这些构造特征可以确定庐江陨石遭受了明显的冲击变质作用, 在变质过程中, 在应力作用下, 发生了以上的应变现象. 同时在庐江陨石中, 无论通过肉眼还是在显微镜下, 均能发现普遍存在的红色团块, 类似地球上出现的铁染现象. 这些红色团块, 在整个陨石中, 均匀、随机地分布, 并不在陨石的边缘、陨石内部裂隙处明显集中, 同时这些团块的出现与金属矿物也没有明显的关系.

此外, 这些铁染的红色并不是仅分布在矿物的边缘, 而是除了极少量的橄榄石外, 红色覆盖了几乎全部硅酸盐矿物颗粒, 即铁染现象影响了所有的硅酸盐矿物, 包括橄榄石和辉石.

铁染现象的发生, 可能是陨石落地以后, 铁镍金属发生氧化作用的结果; 但从其分布特征来看, 也有可能是落地前形成的. Ostertag 等人[5] 曾报道过南极陨石 ALHA77005 中的染色的橄榄石晶体, 就像本陨石中一样, 由于染色橄榄石在陨石的边缘、沿裂隙处和金属矿物颗粒的附近没有择优分布的倾向, 并且影响了整个矿物的颗粒而不是仅在矿物的边缘, 所以他们推测染色不是落地后发生的.

从以上讨论可以认为: ( ) 庐江陨石首先是一块球粒石陨石. 按照球粒陨石[1, 2, 6] 的分类性质, 根据本陨石中橄榄石的 F_a 值为 27.84 , 低钙辉石 F_s 值等于 23.85, 铁纹石中 Co 含量大于 22 mg/g 等特点, 可以初步认为庐江陨石的化学群为 LL 群; ( ) 根据球粒轮廓难以确定的特点, 以及矿物的均匀程度等可以认为该陨石的岩石类型达到了 6, 变质程度很高.

致谢 本工作为中国科学技术大学校内青年基金资助项目.

参 考 文 献

1 欧阳自远. 天体化学. 北京: 科学出版社, 1986

2 Wasson J T. Meteorites: Classificationand Properties. Berlin: Springer-Verlag, 1974

3 Hutchinson R, Alexander C M O, Barber D J. Chondrules: chemical, mineralogical and isotopic contrains on theories of their origin. Phil Trans R Soc Lond, 1988, A325: 445~458

4 Reuter K B, Williams D B, Goldstein J I. Low temperature phase transformations in the metallic phases of iron and stony-iron meteorites. Geochim Cosmochim Acta, 1988, 52: 617~626

5 Ostertag R, Amthauer G, Rager H, et al. Fe^{3+} in shocked olivine crystals of the ALHA77005 meteorite. Earth Planet Sci Lett, 1984, 67: 162~166

6 王道德, 刘京发, 李肇辉, 等. 中国陨石导论. 北京: 科学出版社, 1993

(1998-03-27 收稿, 1998-07-06 收修改稿)