

鄆城球粒陨石的热释光与母体热历史

陈永亨¹, 徐 敏¹, 黄荣才¹, 曹永勋¹, 单松广¹, 王道德²

(1. 广州师范学院 化学系, 广东 广州 510405; 2. 中国科学院 广州地球化学研究所, 广东 广州 510640)

摘 要: 鄆城球粒陨石的天然热释光数据表明其母体经历了某种热事件, 这与宇宙成因核素分析的结果一致。自然热释光表征的母体轨道近日距约 0.84 AU, 表面温度约 255 K。相对于其他 H5 球粒陨石, 鄆城球粒陨石经历的热变质作用可能影响了长石的组成, 但没有明显引起长石结构态的变化。

关 键 词: 鄆城; 普通球粒陨石; 热释光; 热历史

中图分类号:

文献标识码: A

文章编号: 1007-2802(03)-

鄆城球粒陨石是 1997 年 2 月 15 日 23 时 30 分 (北京时间) 在山东省菏泽地区鄆城县及其邻区降落的一次陨石雨, 陨石散落面积约 35 km², 样品数目大于 1 000 块, 最大的块体重 2.7 kg, 总重量约 100 kg。经岩石学和矿物学研究表明, 鄆城陨石为 H5 型球粒陨石, 岩相冲击相为 S2^[1,2], 稀有气体分析表明其宇宙射线暴露年龄平均值为 5.3 Ma。⁴He 和 ⁴⁰Ar 气体保存年龄分别为 3 200 Ma 和 4 200 Ma^[3]。本工作测定了鄆城球粒陨石的热释光数据, 并根据这些数据探讨其母体经历的热历史过程。

1 实验方法

取约 1 g 新鲜样品在玛瑙乳钵中研磨, 用磁铁手选除去金属, 轻轻研磨至 100 目, 过筛, 准确称取 3 ± 0.05 mg 样品, 均匀地洒在涂有光学硅油的银片上, 用英国 Litter More 公司生产的 711 型热释光断代仪测定自然热释光。实验条件: 在充氮气条件下, 加热速率 7.5 °C/s, 电压 1 100 V。自然热释光测定之后, 样品经 ⁹⁰Srβ 放射源照射 3 分钟, 剂量 14.85 Gy, 测定其诱导热释光。每个样各作两个平行样, 实验在中国科学院广州地球化学研究所热释光实验室完

成, 详细实验步骤参阅文献 4。

2 实验结果与讨论

2.1 自然热释光(NTL)

图 1 给出了鄆城球粒陨石的天然热释光和诱导热释光发光曲线。显然, 鄆城球粒陨石作为 H5 型普通球粒陨石, 其自然热释光曲线明显不同于一般普通球粒陨石, 即在 250 °C 左右没有低温峰, 大约在 267 °C 处, 保留有低温峰拐点, 说明鄆城陨石具有异常的低温峰衰减。以拐点处热释光计数, 计算获得鄆城陨石 LT/HT (低温峰/高温峰比值) 平均 0.40 ± 0.01。由于 LT/HT 值小于 0.5, 鄆城球粒陨石的热释光值计算不适用 Hasan 等^[5]提出的经验公式 $\text{Log}(\text{nat. TL}) = 1.2903 \pm \log(\text{LT/HT}) + 1.0890$, 仍然采用等效剂量法计算, 获得鄆城球粒陨石自然热释光值为 83.6 Gy (表 1)。对于平衡低强度冲击相 (S2) 的 H5 型球粒陨石, 鄆城球粒陨石的天然热释光值低于 100 Gy, 显然表明其母体经历过某种热衰减历史。根据其天然热释光值与太阳距离的关系^[4] 和 3 个具有确定轨道参数的陨石 (Innisfree, Lost City, Pribram) 及其热释光数据, 估计鄆城球粒陨石的母体轨

道近日距为 0.84AU, 对应的母体表面温度在近日点为 255K。

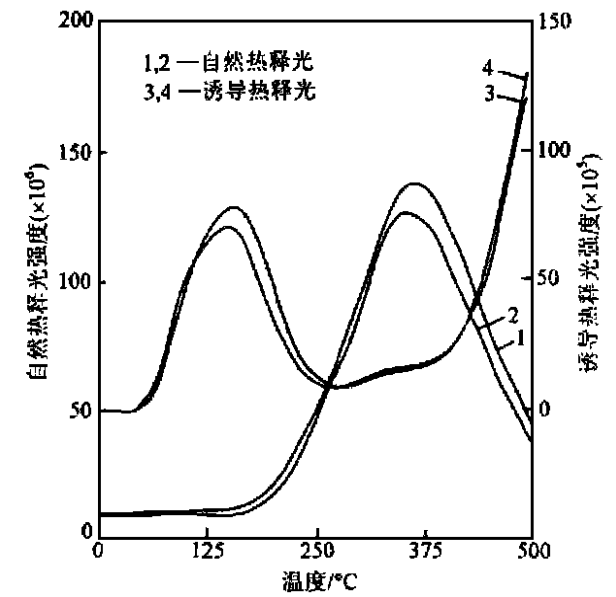


图 1 鄧城球粒陨石热释光发光曲线

Fig. 1 Natural and induced glow curves of the Juancheng chondrite

2.2 诱导热释光(I TL)

普通球粒陨石的诱导热释光由 3 个参数来表

表 1 鄧城球粒陨石的热释光数据

Table 1 Natural and induced thermoluminescence data for the Juancheng chondrite

类型	冲击相	自然热释光/ Gy	热释光灵敏度 Dhajala= 1.0	峰温/ °C	峰宽/ °C	近日距/ AU
H5	S2	83.6±6.4	2.26±0.20	189±4	133±3	0.84±0.07

2.3 热释光与稀有气体数据

根据王道德等对鄧城球粒陨石的宇宙成因核素分析, 表明³He 宇宙暴露年龄为 5.1 Ma, ²¹Ne 暴露年龄为 5.0 Ma, ³⁸Ar 暴露年龄为 5.8 Ma, 平均为 5.3 Ma。⁴He 和⁴⁰Ar 气体保存年龄分别为 3 200 Ma 和 4 200 Ma, 说明⁴He 较⁴⁰Ar 有更多的丢失和亏损^[3]。由于母体暴露期间宇宙成因³He, ²¹Ne 和³⁸Ar 是一致的, 而放射性⁴He 略有丢失, 说明鄧城球粒陨石母体在暴露期间经历过某种突发事件或者小近日距的加热作用^[3]。这与鄧城球粒陨石自然热释光热衰减现象一致。因为在热事件作用下, 发光体矿物的低温有序态的自然热释光较高温无序态衰减快速得多,

征, TL 灵敏度取决于长石的丰度和性质, 与其组成有关^[6], 钠长石含量愈高, TL 灵敏度愈高, 钙长石含量愈高, TL 灵敏度愈低。ITL 的峰温和峰宽指示了陨石母体经历的热历史, 随着母体热变质程度增高, 长石反映的 ITL 峰温增高, 峰宽增宽^[7]。鄧城陨石的诱导热释光灵敏度相对于 Dhajala= 1.0 为 2.26±0.20, 峰温 189±4 °C, 峰宽 133±3 °C(表 1)。鄧城球粒陨石的诱导热释光数据表明, 其峰温和峰宽相对于其他 H5 (S2) 型普通球粒陨石是正常的, 但是其灵敏度异常, 较对应的普通球粒陨石低 1~2 倍。普通球粒陨石的 ITL 峰温和峰宽取决于长石的形态, 长石由低温有序向高温无序转化的过程中, ITL 峰温和峰宽逐步增高, 引起矿物光学性质的改变, 对钠长石, 其形态变化发生在 600~700 °C^[6, 8]。显然, 鄧城陨石母体经历的热事件尚未引起矿物的高温无序变化, 但矿物组成发生了变化, 这与矿物学研究结果一致。鄧城球粒陨石中低钙辉石贫钙(钙含量<0.12%), 而长石中富集钙(钙含量 1.90%~6.17%)^[1, 2], 长石中钙长石组分增加, 导致 TL 灵敏度相对降低。

由此导致自然热释光值降低^[7]。

3 结 论

综上所述, 根据鄧城球粒陨石的热释光和稀有气体数据, 获得如下结论:

(1) 鄧城球粒陨石母体在暴露期间经历过某种突发事件或者小近日距的加热, 导致其自然热释光发生热衰减和部分放射性成因⁴He 丢失。母体的轨道近日距估计为 0.84 AU, 对应的母体表面温度为 255 K。

(2) 母体经历的变质热事件温度低于 700 °C, 没

有明显产生钠长石低温有序态向高温无序态转变, 但长石组成发生了变化。辉石中钙含量降低, 长石中钙含量增加, 由此导致其热释光灵敏度降低, 而热释光峰温和峰宽不变。

致谢: 中国科学院广州地球化学研究所黄宝林研究员、卢良材高级工程师协助完成热释光测试, 山东省菏泽地区地震局王瑞田先生提供了研究样品, 在此谨致谢忱。

参考文献:

- [1] 陈永亨, 王道德, 王瑞田. 新近降落的鄆城球粒陨石. 科学通报, 1998, 43(9): 992-995.
- [2] Chen Yongheng, Wang Dao-de, Wang Ruitian. The Juancheng chondrite, a new meteorite fall from China. Meteoritics and Planetary

Science, 1998, 33: A177- A179.

- [3] 王道德, 王瑞田. 鄆城球粒陨石的稀有气体及宇宙射线暴露年龄. 科学通报, 1999, 44(1): 82-83.
- [4] 陈永亨. 陨石自然热释光与母体宇宙辐照演化历史. 核技术, 1997, 20(8): 508-512.
- [5] Hasan F A., Score R, Sears D W G. The natural thermoluminescence survey of Antarctic meteorites. A discussion of methods for reporting natural TL data. Lunar Planet. Sci. Conf. XX. Abstr., 1989. 383-384.
- [6] Hasan F A, Keck B D, Hartmetz C, Sears D W G. Anomalous fading of thermoluminescence in meteorites. Journal of Luminescence, 1986, 34: 327-335.
- [7] 陈永亨, Sears D W, 王道德. 南极陨石研究的启示 IV. 南极陨石热释光研究. 南极研究, 1994, 6(2): 13-31.
- [8] Sears D W G, Myers B M, Hartmetz C, Hasan F A. Structural state and anomalous fading of thermoluminescence of oligoclase. Nucl. Tracks Radiat. Meas., 1990, 17(4): 583-586.

Thermoluminescence and Thermal History for the Juancheng Chondrite

CHEN Yong-heng¹, XU Min¹, HUANG Rong-cai¹, CAO Yong-xun¹, SHAN Song-guang¹, WANG Dao-de²

(1. Department of Chemistry, Guangzhou Normal University, Guangzhou 510405, China; 2. Guangzhou Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510640, China)

Abstract: The natural thermoluminescence data of the Juancheng chondrite indicate that the parent body ever suffered some thermal events, which is consistent with the result from cosmogenic radionuclide measurements. The orbital perihelion of the parent body is estimated to be 0.84AU and the surface temperature to be 255K on the basis of the natural TL data. The metamorphism experienced by the Juancheng chondrite may change the compositions of the feldspar, but not obviously cause the transformation of the feldspar framework in comparison with the other H5 chondrites.

Key words: Juancheng; ordinary chondrite; thermoluminescence; thermal history