

吉林陨石雨热发光的初步研究

裴静娴 王在中 李继亮

(中国科学院地质研究所)

1976年3月8日,吉林陨石雨以每秒数十公里的速度坠入大气层时,与稠密的空气摩擦,产生强烈的冲击波,使周围空气温度剧增,使陨石表面温度高达2000—3000℃,造成表面氧化、熔蚀和烧失。这次陨石雨,在19公里的高空爆裂后,分离成上千块碎片,撒落面积达5000平方公里,形成了世界上罕见的陨石雨^[1,2]。本文扼要报道吉林陨石雨的热发光研究。

一、陨石的热发光

热发光是发光物质受热发光的一种现象。如宇宙射线的轰击,紫外线照射及放射性元素蜕变过程中产生的各种射线等,造成价带电子跃迁至导带,并部分被俘获于禁带能量间隙的“晶格缺陷”中储存下来,使物质处于“受激状态”。当给“受激”状态的物质加热时,被俘电子的能量增加;当电子能量超过“晶格缺陷”的束缚能时,又重新摆脱束缚回到导带之中,电子经过发光中心跳回价带,同时以光的形式把能量释放出来。因此,发光可以看作物质所接受过的电离辐射剂量及其受热历史的函数。

陨石母体或碎片,在宇宙空间要受到宇宙射线的轰击,热辐射以及陨石内部放射性同位素铀、钍、钾的作用。因而,可利用热发光的性质,测量陨石的暴露年龄、落地年龄;根据陨石切面的热发光分布曲线,可推算出陨石的受热梯度,辐射历史,从而估算出陨石进入大气层之前的形态,以及在大气层中飞行时的温度、速度及可能受到的冲击压力^[3-6]。

二、样品描述

IV-1 测样,一侧表面有黑色熔壳,壳厚0.1—0.3mm;此侧气印比较发育,气印大小不等;大者直径可达2—3cm,小的比1cm还小,形状多为指纹状。气印深浅不一;深者达0.6cm,浅的几乎接近平面。VI-1 测样为H型球粒陨石,是富含铁镁的硅酸盐集合体,其矿物成分以斜方辉石为主,无论在基质中或球粒内均有广泛分布,其次是橄榄石、镍纹石、铁纹石等。

三、制样方法

取只有一侧局部带熔壳的陨石*(图1),选一垂直于气印的面,切一个厚1cm的薄板S,然后把这个薄板S分切成75个1×1×1cm的方块,用同样方法切一个垂直于S面厚1cm的薄板N,将N分切成26个1×1×1cm的立方块(图2)。

将上述立方块轻轻敲碎,取140—180目的筛样,去掉吸附在颗粒表面的尘埃,排除在热发光测量中价发光的干扰,避免高温和日光曝晒,然后用磁铁除去磁性矿物,如磁铁矿等。

* 只有这样的陨样。最好选用全熔壳包着的陨样。



图 1

1.熔壳皮; 2.熔壳层(0.1—0.3mm); 3.陨样

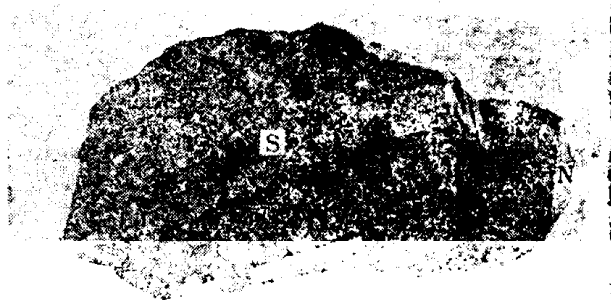


图 2 S 与 N 两个相互垂直的面

四、实验及测量

分别选用了 S 面与 N 面两组相互垂直的四个棒 26 个样品, 测量其热发光, 发现热发光曲线形态均为一致, 只在 140℃ 左右有一个强低温峰, 没有出现高温峰。

从 26 个测样的热发光曲线看, 没有出现与位置相关的规律分布。后又对 S 面 58 个和 N 面 18 个样做热发光测量, 从所测的强度看, 也不存在热发光随深度增加而增加的梯度变化。

我们想根据热发光的强度和面积, 进行热发光分类, 做出等强度的平面曲线或立体曲面, 但都没有成功, 而是一种随意不相干的状态。有趣的是在 S 面上相距不到 3cm 的位置上出现了发光最强和最弱的两个异常点。

对发光最弱的 b 样, 进行磁选, 分选出两组相对富集的矿物组分; 一组以浅灰色古铜辉石矿物为主, 另一组以浅黄、褐黄橄榄石为主, 分别对这两组矿物做了热发光测量, 发现浅灰色的古铜辉石发光最强; 另一组则弱, 发光峰均在 140℃ 左右。两组矿物发光强度总和的平均值与未磁分选前 c 样的发光强度总和的平均值极为相近 (图 3)。

另外, 我们又对天然的古铜辉石和橄榄石, 用 X 光照射后, 分别测量了它们的人工诱发热

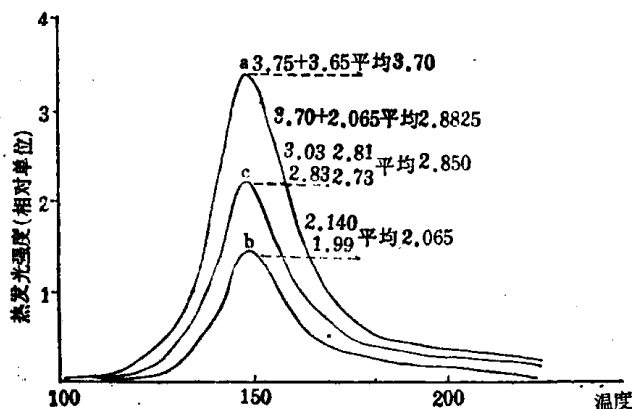


图 3 相对富集矿物组分的热发光曲线形态

- a. 以浅灰色为主相对富集的发光矿物的辉光曲线形态;
- b. 以浅黄色、褐黄色为主的发光矿物的辉光曲线形态;
- c. 未磁分选前原样的辉光曲线形态

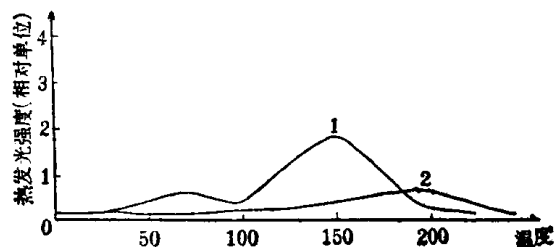


图 4 天然的古铜辉石和橄榄石经 X 光照射后的发光曲线形态

- 1. 古铜辉石的热发光曲线形态;
- 2. 橄榄石的热发光曲线形态

发光。古铜辉石显示了二个宽的低温峰；一个是 140°C 左右宽的低温峰和一个小于 100°C 的低温峰。而橄榄石除了在 200°C 左右有明显的中温峰外，低温峰并不显著（图 4）。

这证明了所测陨样的发光矿物为浅灰色的古铜辉石。因此，发光强弱受矿物组分所控制，与样品所处位置无关。在同样位于熔壳下不到 1cm 的地方，发光强弱也会有显著的不同。

在做熔壳皮及熔壳层的热发光测量时，它们均没有热发光显示，这表明在熔融燃烧的过程中，使表层的发光矿物在高温下退了火。

五、结果和讨论

1. 所测陨样热发光曲线形态均为一致，只有一个简单的 140°C 左右强低温峰。实验证明，它主要是由浅灰色的古铜辉石矿物所决定，发光的强弱则是受古铜辉石矿物的含量所控制。

2. 所测陨样热发光 140°C 左右峰的存在，说明该陨样在宇宙飞行晚期，进入大气层后，直到落到地面都不曾受到过明显的加热。因此，即使是在 100°C 左右的环境温度也会使 140°C 左右的热发光峰受到明显的衰减。在测陨样的人工诱发热发光时，还出现了一个低于 100°C 的热发光峰，这个峰在陨样的天然热发光曲线中是不存在的。实验证明，这个峰在室温条件下就

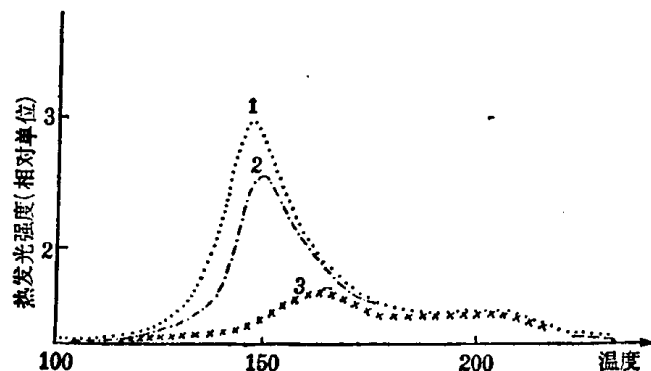


图 5 贮藏环境对热发光强度的影响

1. 天然陨样的热发光曲线形态；
2. 50°C 恒温二小时热发光曲线形态；
3. 100°C 恒温五小时热发光曲线形态

可以退火。因此，陨样自进入大气层后的加热，使这个 100°C 以下的低温峰衰掉了（图 5）。

图 5 表明所测陨样，在 50°C 二小时， 100°C 五小时的环境条件下，热发光衰减情况。在 50°C 条件下 140°C 左右的发光峰受到了明显的衰减；在 100°C 的条件下， 140°C 的发光峰已经不存在了。而较高温度的热发光强度只受到极微弱的影响。

3. 所测陨样热发光强度是无规律分布的，特别是近熔壳部分没有明显的梯度变化，说明该陨样，在大气飞行期间，为较大陨石的核心部分，陨样外表高温并没有影响到所测陨样本身。直到高空爆裂后，所测陨样才与大气接触，从爆裂后到落地瞬间，仅在表层产生氧化、熔融和烧失现象，而高温透入不到半厘米的深度，便坠入地面。因此所测陨样 IV-1 从核心到熔壳，梯度变化的趋势是不存在的。

4. 所测陨样热发光的产生，主要依赖于本身的放射性同位素铀、钍、钾的作用。

对陨石进行热发光的研究仅仅是开始，由于所取陨样大小和数量的限制，又加上工作中经验不足，还有待进行大量研究工作。

致谢：工作中曾得到欧阳志远、张培善等同志的指导，特此致谢。

参 考 文 献

- [1] 张培善, 地质科学, 1978, 2: 113—133.
- [2] 欧阳志远等, 吉林陨石雨专号, 地球化学, 1978, 1: 8—18.
- [3] Sears, D. W. & Mills, A. A., *Nature*, 249(1974), 5454: 234—235.
- [4] Vaz, J. E. & Sears, D. W., *Meteoritic*, 12(1977), 1: 47—60.
- [5] Sears, D. W. & Mills, A. A., *Meteoritic*, 9(1974), 47—67.
- [6] Aitken, M. J., *Modern Geology*, 1(1970), 247—259.