科 学 通 报
第 39 卷 第 21 期 CHINESE SCIENCE BULLETIN 1994 年 11 月

陨石熔壳的击变作用

王奎仁 洪吉安 朱洪山
(中国科学技术大学地球与空间科学系，合肥 230026)

关键词 熔壳、冲击波、红外光谱

熔壳是陨星陨落过程中，与大气层相互作用的产物[1, 2]. 这种特殊环境的矿物，肯定有其结构上的特异性. 本文通过 X 射线粉晶分析，讨论了熔壳中主要矿物的特征及其结构畸变特征；并通过熔壳的红外光谱与模拟实验结果[3]相比较，确认出其中的击变玻璃，并揭示了熔壳中矿物遭受强烈的冲击变质作用而经历改造的特征.

样品取自安徽亳县陨石. 熔壳厚约 0.5mm，灰黑色，腊状光泽，表面气印发育. 亳县陨石岩石化学类型为 $LL_{3.8}$[4].

1 X 射线粉晶分析

图 1 是熔壳的部分 X 射线粉晶衍射谱. 从其分析结果可以看出，在熔壳中除非晶态玻璃质外，橄榄石、斜方辉石和陨硫铁为其主要组成. 其中橄榄石是最主要的矿物，X 射线主要特征线为 2.465Å(100), 2.522Å(96), 3.890Å(67), 2.778Å(60). 斜方辉石的主要特征线为 3.171Å (100), 2.876Å(58), 1.489Å(51). 陨硫铁的特征线为 2.095Å(100), 2.623Å(47), 1.723Å(44).

由 X 射线衍射结果，通过程序计算，得到 3 种矿物的晶胞参数和晶胞体积，列入表 1 中；同时由亳县陨石全岩衍射谱[5, 6]，同样得到相应 3 种矿物的参数，也列入表 1.

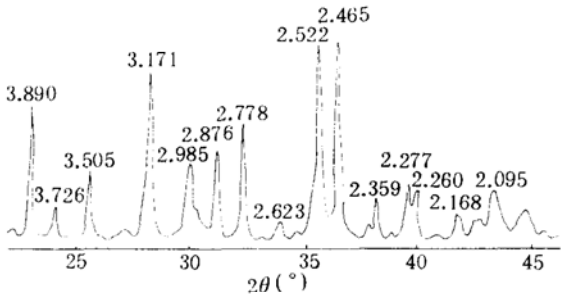


图 1 亳县陨石熔壳的部分 X 射线衍射谱

表 1 亳县陨石熔壳和陨石中的主要矿物晶胞参数

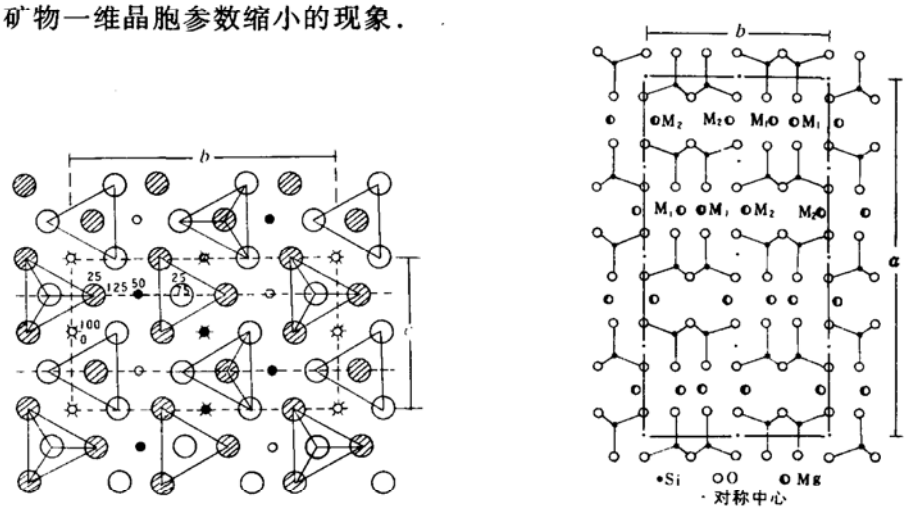
矿物 \ 晶胞参数 \ 样品	亳县陨石熔壳	亳县陨石
陨硫铁	$a=6.003(1)$ Å $c=11.778(1)$ Å $V=366.87$ Å^3	$a=5.981(1)$ Å $c=11.778(1)$ Å $V=364.88$ Å^3
斜方辉石	$a=18.233(7)$ Å $b=8.884(10)$ Å $c=5.216(6)$ Å $V=844.90$ Å^3	$a=18.282(2)$ Å $b=8.816(7)$ Å $c=5.219(4)$ Å $V=841.17$ Å^3
橄榄石	$a=4.794(2)$ Å $b=10.273(5)$ Å $c=5.970(3)$ Å $V=294.02$ Å^3	$a=4.719(7)$ Å $b=10.332(4)$ Å $c=5.951(3)$ Å $V=290.15$ Å^3

1994-01-28 收稿，1994-06-29 收修改稿.

从表 1 可以看出，陨石全岩的矿物晶胞参数与地球上的一致，但熔壳中的矿物有些差别．

首先，熔壳中相应矿物的晶胞体积均比陨石内部为大，这是由于压力和温度双重作用的结果．高压使得晶胞体积减小，密度增大；但温度升高，导致体积增大．况且高压是一维的，另两个方向处于张性状态，相比较而言，温度是主要的，导致单胞体积增大．

另外，这 3 种矿物，在一个方向上晶胞参数明显缩小，而另两个方向或保持不变，或增大．这与所受的单向压力是一致的．橄榄石是 b 轴晶胞参数减小，a, c 轴增大；斜方辉石是 a 轴减小，c 轴基本不变，而 b 轴明显增大．这些均是与其结构相对应的．在图 2 中，我们可以看到，橄榄石氧离子平行(010)成近似的六方最紧密堆积，硅充填 1/8 的四面体空隙，(Mg, Fe)充填 1/2 的八面体空隙．在垂直 b 轴的方向上，硅、氧四面体层和(Mg, Fe)层呈锯齿状相间分布，所以(010)面是其电荷不平衡面，而其它两面是电中性的．同样斜方辉石中的(100)面也是电荷不平衡面．在冲击波的作用下，矿物集合体应变的结果必然出现优选方位[7]．在垂直冲击波的方向上，必然是矿物容易变形的面．而电荷不平衡面是最容易压缩的面．所以熔壳整体上表现出矿物一维晶胞参数缩小的现象．



(a)　　(b)

图 2　橄榄石和斜方辉石结构示意图

(a) 橄榄石平行(100)面的结构，大圆圈代表 O 原子，小圆圈(Mg, Fe)原子，Si 原子没有表示；
(b) 顽火辉石在(001)面上的理想化投影

2　红外光谱分析

图 3 是熔壳的粉末经 KBr 压片，采用 SX170-FTIR 红外光谱仪得到的结果．扫描范围 5000—300cm^{-1}.

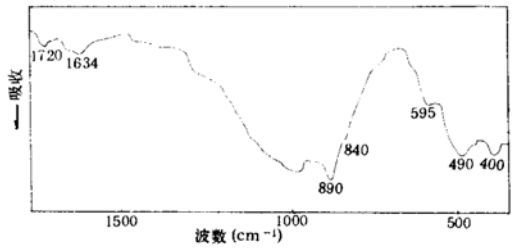


图 3　熔壳的红外吸收光谱

谱图中的红外吸收峰除了 1720cm^{-1} 和 1634cm^{-1} 外，均是橄榄石的吸收峰，而没有辉石的吸收峰．1634cm^{-1} 是杂质水的吸收峰．

出现这种结果是由于大多数普通矿物的伸缩、弯曲振动频率对冲击波引起的长程序变化非常敏感[8]以及橄榄石和辉石的结构差别所造成的．橄榄石是岛状硅酸盐，结构独立；而辉石是单链硅酸盐．在反抗外力的情况下，橄榄石难变形，同时弹性恢复也容易．而链状的辉石长程序容易破坏，弹性恢复也难，所以熔壳的红外光谱不出现斜方辉石的吸收峰．当然，橄榄石也会对冲击波产生反应，其红外光谱吸收峰减少，吸收强度减弱．

林文祝等[3]的模拟结果证实了上面的现象．冲击波压力在 53.0—77.5GPa 条件下的红外光谱与本文是一致的，尤其是 1720cm^{-1} 吸收峰的出现．他们将该谱带的出现作为出现击变玻璃的判据．

熔壳的红外光谱在 1200—900cm^{-1} 范围内谱带展现出的宽肩强吸收；低于 400cm^{-1} 频率段看不见任何晶体的键振动、晶架振动和分子的纯转振动，均说明了冲击作用后的非晶化、无序程度很高[9]．

3 结 论

(1)熔壳中的矿物均表现出单胞的一维压缩，受到了显著的应力作用；(2)熔壳中的矿物经历了冲击波的冲击重建，并且已经形成了击变玻璃，其冲击压力 >53.0GPa；(3)矿物的红外光谱对压力的反应灵敏，橄榄石比辉石对压力的反应要迟钝．

参 考 文 献

[1] 欧阳自远，天体化学，科学出版社，北京，1988，166—170.

[2] Wasson, J. T., *Meteorites, Classification and Properties*, Springer-Verlag, N. Y., 1974, 1—317.

[3] 林文祝、刘高魁，中国科学，B辑，1992，(6)：646—649.

[4] 陈江峰、王奎仁，科学通报，1991，**36**(15)：1197.

[5] 王奎仁等，矿物学报，1987，**7**(3)：238—244.

[6] 王奎仁，矿物学报，1987，**7**(2)：107—112.

[7] H. R. 温克主编，金振民等译，变形岩石和金属的优选方位，中国地质大学出版社，武汉，1991.

[8] Stoffler, D. *et al.*, in *Meteorites and the Early Solar System* (eds. Kerridge, J. F. *et al.*), Univ. of Arizona Press, 1988, 162—202.

[9] 林文祝、刘高魁，科学通报，1993，**38**(3)：250—253.