

# 冲击玻璃和玻璃质岩石的红外光谱研究

林文祝 刘高魁

(中国科学院地球化学研究所, 贵阳550002)

**关键词** 冲击玻璃、玻璃质岩石、红外光谱

核爆炸和撞击坑靶岩, 及冲击试验产物等的熔体凝聚物称为冲击玻璃。它是外成冲击变质过程中的一种非晶态固体。从液相或直接从固相转变到固态玻璃, 所历经的时间大致在  $10^{-7}$ — $10^{-3}$ s 范围内, 比正常玻璃约低 6—7 个数量级。广布在地球表层的(微)玻璃陨石, 它是地球表面撞击事件的产物<sup>[1]</sup>。故玻璃陨石也属于冲击玻璃。自然界还存在一种非晶态聚集体, 那就是来自地球深部岩浆上升接近地表或火山爆发时的骤冷相——玻璃质岩石如黑曜岩、松脂岩、珍珠岩……等玻璃。冲击玻璃和玻璃质岩石中的单位晶胞均失去平移对称性, 但不是单纯的无序混沌, 在微域内仍可能保留着有旋转对称性、短程有序的基本特征。然而, 这二种类型的玻璃是由形成机制截然不同的熔体淬火转变而来的。而在宏观上很难给予鉴别。如我国曾报道的几个“陨石坑”, 把黑曜岩玻璃作为撞击坑熔体玻璃。另外, 近年来在黄土<sup>[2]</sup>和一些地质年代交迭的介面粘土层中<sup>[3]</sup>, 发现大量微球粒和玻璃微粒。这些微粒是撞击事件产物, 还是火山灰? 这些均亟待给予正确的判断和回答。本文应用红外光谱测量结果来讨论这二种类型玻璃的差异和形成机制。

## 1 玻璃样品和红外光谱测定

玻璃测试样品选自核试验场岩石熔融玻璃, 层状玻璃陨石, 黑曜岩玻璃(浙江余杭), 及被认定是撞击坑熔岩的多伦(内蒙)和上河湾(吉林九台)玻璃。前两种玻璃深褐色, 镜下均质透明, 富含气泡, 不含矿物晶屑; 黑曜岩玻璃等, 深褐色, 肉眼能见到石英颗粒, 镜下均能见到石英、斜长石、辉石等矿物、具有波状消光, 基质含大量微细晶屑。

玻璃是一种极端无序的非晶态聚集体, 但在最近邻的单位晶胞内仍可能维持着短程序有序, 可以通过红外光谱测量来辨认各种玻璃的无序程度。本工作使用通用的 KBr 法(60:1)按波长连续测量光透过来获得各种玻璃的红外光谱。

## 2 结果与讨论

图 1, 2 分别采用 Perkin-Elmer 621 型(频率 300—1600 $\text{cm}^{-1}$ )和 IFS-113V 型(500—4000 $\text{cm}^{-1}$ )红外分光光度计测得的结果。不论是冲击玻璃(N, T), 还是火山玻璃(Y)或被认为是撞击坑玻璃(D, H)的红外吸收光谱, 均出现二个宽且强的吸收带和一个表征非晶态固体的弱吸收特征谱带(图 1)。在波数 1200—900 $\text{cm}^{-1}$  范围内呈现的谱带是一个宽肩不对称的 Si—O 伸缩振动, 其中约在 1045 $\text{cm}^{-1}$  的强吸收带是由  $\text{SiO}_4$  四面体伸缩振动引起的。在频率 600—

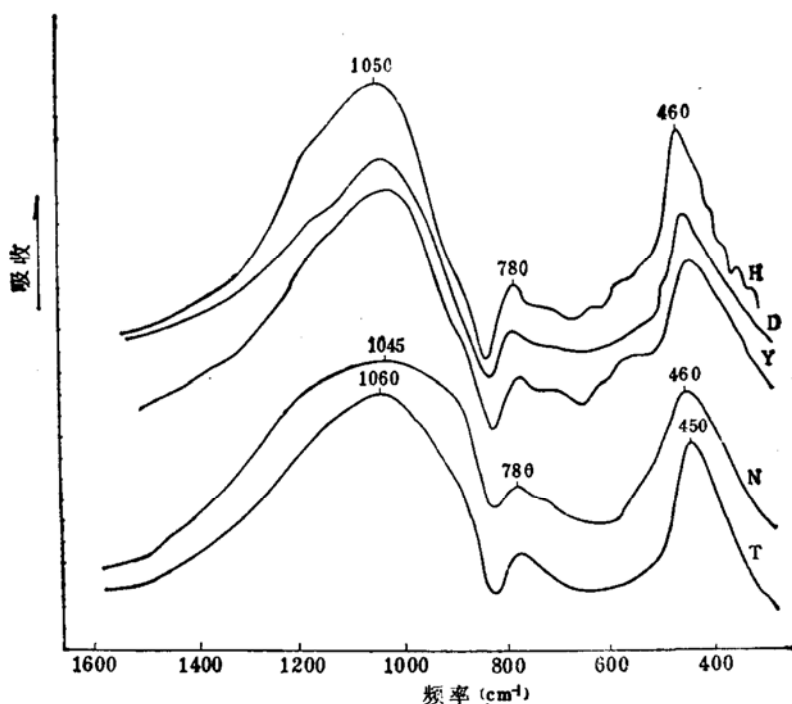


图1 玻璃的红外光谱

N——核试验场岩石熔融玻璃；T——玻璃陨石；Y——余杭黑曜岩玻璃；  
D, H——多伦和上河湾玻璃

900 $\text{cm}^{-1}$ 之间的谱带是  $\text{SiO}_6$  八面体伸缩和  $\text{O—Si—O}$  弯曲振动，其中 780 $\text{cm}^{-1}$  表征非晶态玻璃的吸收带被指定为  $\text{Si—Si}$  伸缩振动<sup>[4]</sup>。约在 445 $\text{cm}^{-1}$  的谱带是简并的  $\text{O—Si—O}$  弯曲振动。从图 1 明显地看出，这些玻璃的吸收谱带特征可分为以下二组：

### 2.1 冲击玻璃

核试验场岩石熔融玻璃和玻璃陨石的红外光谱极为相似。在频率 1200—900 $\text{cm}^{-1}$  范围内谱带展现出平滑的宽肩强吸收；低于 400 $\text{cm}^{-1}$  频率段几乎见不到任何晶体的键振动、晶架振动和分子的纯转动光谱。这说明冲击玻璃的非晶化、无序程度很高。它们的二个主要吸收带频率位置略有漂移，主要是玻璃的淬火温度不同引起的。层状玻璃陨石类似核爆炸坑内叠瓦状熔体，具有靶岩的微层理结构，较少受到高温湍流的扰动<sup>[5]</sup>。因此，可以认为形成层状玻璃陨石的淬火温度远比溅射型玻璃陨石低。

### 2.2 玻璃质岩石

多伦(D)和上河湾(H)玻璃与余杭黑曜岩火山玻璃(Y)的吸收光谱极为类似。不仅均不同于冲击玻璃红外光谱，而且它们彼此之间的谱带频率位置也极为一致。在 750—500 $\text{cm}^{-1}$  之间和 1170 $\text{cm}^{-1}$  附近显示出石英和斜长石的吸收谱带。约在 1050 $\text{cm}^{-1}$  附近的强吸收谱带肩的宽度及 700—500 $\text{cm}^{-1}$  之间和低于 400 $\text{cm}^{-1}$  的谱带完全不同于冲击玻璃光谱，显示出有序的晶体结构的存在。

表 1 列出频率 1050 $\text{cm}^{-1}$  和 460 $\text{cm}^{-1}$  附近各种玻璃谱带的  $0.9I_1$  和  $0.85I_2$  ( $I_{1,2}$  谱带吸收强度)谱带宽度。从这可清楚地看出谱带吸收宽度与玻璃的淬火温度、速率、非晶化程度有关。

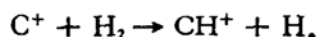
图 2 是用 IFS-113V 型红外分光光度计测得的红外光谱。同样展示出二组不同的谱带，冲击玻璃(T, N)显示出不含水的谱带特征。令人感兴趣的是，在 2916 $\text{cm}^{-1}$  附近出现弱吸收谱

表 1 各种玻璃强吸收谱带宽度比较 ( $\text{cm}^{-1}$ )<sup>a)</sup>

| I         | N   | T   | H   | D   | Y   |
|-----------|-----|-----|-----|-----|-----|
| $0.9I_1$  | 350 | 250 | 190 | 160 | 130 |
| $0.85I_2$ | 150 | 90  | 80  | 90  | 80  |

a) 字母说明见图 1.

带. 根据功能基吸收谱位置计算, C—H 键伸缩频率出现在  $2860\text{--}3100\text{cm}^{-1}$  频率范围, 有机烃的不对称伸缩振动频率位置在  $2930\text{cm}^{-1}$ . 如果  $2916\text{cm}^{-1}$  是 C—H 键引起的特征谱带, 显然不是来自母岩的有机物, 更可能的是靶岩熔融气化时温度超过  $2000\text{K}$ , 离子化碳与分子氢作用产生分子型离子  $\text{CH}^{+[6]}$ :



玻璃质岩石是火山岩浆侵入地表或喷发的岩浆的骤冷相. 从不同深度 ( $15\text{--}100\text{km}$ , 相应压力  $(5\text{--}30) \times 10^8\text{Pa}$ ) 上升的各类岩浆, 当达到不同的分熔深度、分熔程度和凝聚深度时, 就会分离结晶, 在上升的途中晶出不同温度压力的矿物. 骤冷的岩浆玻璃虽然保持着长程无序性, 但冻结着各种矿物的晶骸而表现出短程有序. 水是岩浆中非常重要的挥发分之一, 影响着岩浆粘度和结晶途径<sup>[7]</sup>. 在岩浆骤冷淬火过程将一部分水“冻结”闭锁在固体相中形成含水玻璃. 因此, 玻璃质岩石的红外光谱可见到  $3000\text{--}3700\text{cm}^{-1}$  和  $1630\text{--}1640\text{cm}^{-1}$  水的特征谱带 (图 2). 实际上, 玻璃质岩石熔体淬火形成玻璃之前处于热平衡态, 热传导起着主要作用. 而冲击玻璃熔体则远离热力学平衡, 以绝热膨胀为主, 有些甚至直接从固态淬火成玻璃.

根据 Williams 和 Jeanloz 试验结果<sup>[8]</sup>, 硅酸盐玻璃和熔体在压缩  $((0\text{--}30) \times 10^9\text{Pa})$  条

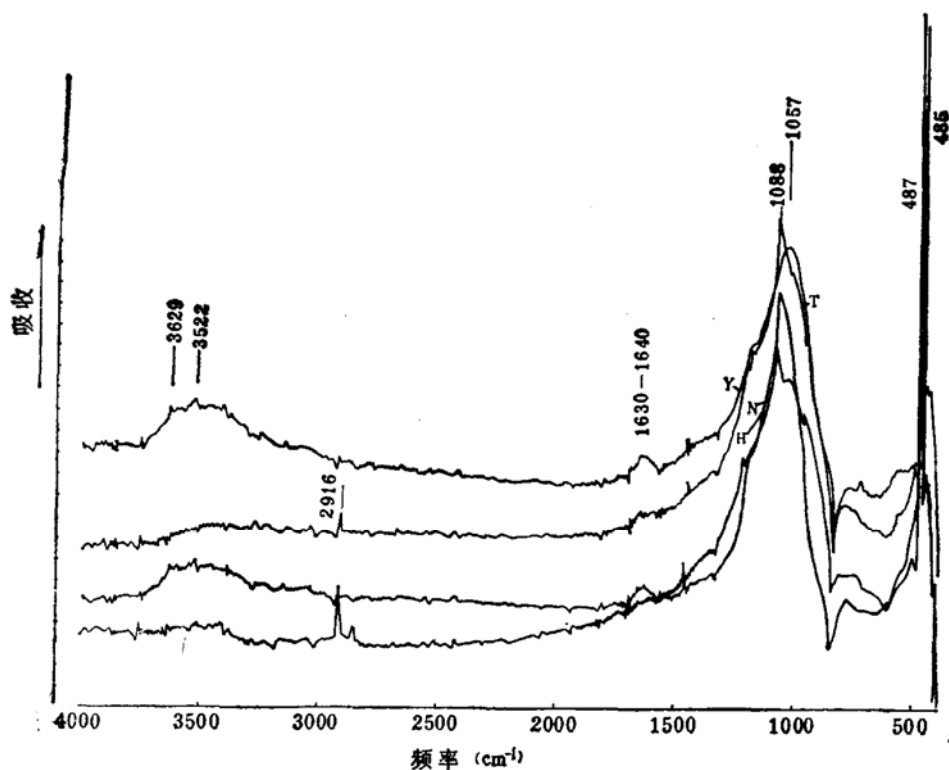


图 2 玻璃的红外光谱

N——核试验场岩石熔融玻璃; T——玻璃陨石; Y——黑曜岩玻璃; H——上河湾玻璃

件下,频率  $1100\text{cm}^{-1}$  附近的强吸收谱带随压力增加变宽。这很好地说明冲击玻璃和玻璃质岩石分别在高压( $(25-17) \times 10^9\text{Pa}$ )和低压( $<5 \times 10^9\text{Pa}$ )条件下淬火。

### 3 结 论

冲击玻璃和火山玻璃均属长程无序的非晶态固体。前者处在远离热力学平衡、绝热膨胀而导致固体晶格崩溃淬火;后者是晶格原子热运动振幅偏离平衡位置导致的物体熔融,热传导起着控制作用。它们分别在高压( $(25-17) \times 10^9\text{Pa}$ )和低压( $<5 \times 10^9\text{Pa}$ )条件下淬火形成玻璃,反映出红外光谱谱带宽度和无序程度的差异。此外,还可得出以下结果:

1. 冲击玻璃不含水,火山玻璃含水。
2. 多伦和上河湾玻璃不是撞击玻璃,是火山玻璃。

### 参 考 文 献

- [1] Barnes, V.E., *Meteoritic*, 1990, 25:149—159.
- [2] 吴锡浩、安芷生、欧阳自远等,科学通报,1991,36(23): 1799.
- [3] 高振刚等,地质评论,1987,33(3): 203.
- [4] Williams, Q., Jeanloz, R., *Science*, 1988, 239:902.
- [5] 林文祝、欧阳自远,地质科学,1991,(2): 148.
- [6] Dalgarno, A., *World Science*, 1992, (3):13.
- [7] McMillan, P. F., Peraudeau, G., Holloway, J. et al., *Contrib. Mineral Petrol.*, 1986, 94:178.