

文章编号: 1006-9941(2004)05-0300-02

# 撞击流法制备超细 HMX 中撞击压力和次数对颗粒度的影响

何得昌, 陈潜, 谭靖

(北京理工大学爆炸灾害预防、控制国家重点实验室, 北京 100081)

**摘要:** 利用对撞技术对 HMX 的粉碎进行了研究。结果表明: 随着撞击压力的增大和撞击次数的增多, HMX 颗粒度逐渐减小, 至一定程度后, 减小的趋势逐渐变缓。

**关键词:** 爆炸力学; 撞击; 奥克托今(HMX); 超细

**中图分类号:** O389

**文献标识码:** A

## 1 引言

超细炸药是指粒径为亚微米和纳米的炸药。炸药超细化后, 不仅可以提高其爆炸性能、起爆灵敏度和可靠性, 而且还可以改善其热稳定性<sup>[1]</sup>, 超细炸药的应用技术已备受国内外科技者的青睐和重视。有文献报道<sup>[1,2]</sup> 国外已经将超细化到 5 μm 以下的高能炸药应用于混合炸药的制备, 美国 Lawrence Liver More 实验室曾合成出含超细的 RDX 和 PETN 晶体的复合含能材料。

笔者采用高速撞击流法对 HMX 晶体颗粒进行了细化, 就撞击压力和撞击次数对 HMX 晶体颗粒度的影响进行了研究。

## 2 实验

将一定量的 30 μm 左右的 HMX 晶体颗粒分散到含有一定量分散剂的水溶液中, 在不同条件下, 采用高速对撞机对该悬浮液进行高速对撞实验, 并对不同撞击次数和撞击压力后的得到的 HMX 悬浮液进行粒度测量。

## 3 实验结果与讨论

### 3.1 撞击次数对 HMX 晶体颗粒破碎的影响

在一定压力条件下, 采用高速对撞机对含 HMX 晶体颗粒悬浮液进行高速撞击, 撞击不同的次数后, 取

出少量被撞击的悬浮液进行稀释, 然后对 HMX 的粒度进行测试。测试采用 BROOKHAVEN INSTRUMENTS CORPORATION 生产的 ZetaPALS 激光粒度仪。测试结果见表 1。

表 1 撞击次数对粒径的影响  
Table 1 The effect of impingement times on the particle size

impingement times	4	6	8	10	12	18	22
$D_{50}/\text{nm}$	460.1	234.8	207.8	180.5	125.6	86.4	50.9

从表 1 可以看出: 随着撞击次数的增加, HMX 晶体的颗粒度逐渐减小, 在撞击开始时, HMX 晶体颗粒度减小较明显, 随着撞击次数的增加, 这种减小趋势逐渐减弱。这是由于在撞击粉碎过程中, 颗粒度越大的 HMX 晶体颗粒内存在缺陷的可能性越大, 而且其脆性也较大, 随着 HMX 晶体粒度的减小, 其脆性行为逐渐消失, 而塑性行为逐渐增大。当受到外力作用时, 由于较大的 HMX 晶体颗粒的脆性和其缺陷处易于产生应力集中, 使得大颗粒的 HMX 晶体颗粒易于粉碎; 根据文献[3], 在外界载荷( $p$ )一定的条件下, HMX 晶体颗粒的破碎应力( $\sigma_{\text{破坏}}$ )与其粒径( $d$ )遵循关系式:

$$\sigma_{\text{破坏}} = \frac{2.8P}{\pi d^2}$$

由此可知, 随着撞击次数的增加和 HMX 晶体颗粒粒径的减小, 虽然整个体系中所受到的压力保持不变, 而每一个 HMX 晶体颗粒所需的破碎应力却相对增大, 从而导致了较小的 HMX 晶体颗粒不易粉碎。因此, 在撞击粉碎过程中, 往往会出现随着撞击

收稿日期: 2004-03-26; 修回日期: 2004-05-26

作者简介: 何得昌(1963-), 男, 高级工程师, 从事材料科学与应用研究。e-mail: hedechang@bit.edu.cn

次数的增加, HMX 晶体颗粒粒径逐渐减小, 其颗粒粒径的减小趋势却逐渐减弱, 也就是说其粉碎的难度就越来越大。

### 3.2 撞击压力对 HMX 晶体颗粒粒径的影响

在相同对撞次数的条件下, 采用高速对撞机对含 HMX 晶体颗粒悬浮液进行高速撞击, 然后对不同压力撞击后的 HMX 晶体颗粒粒度进行测量, 结果见表 2。

表 2 撞击压力对 HMX 颗粒粒径的影响

Table 2 The effect of impingement pressures on particle size of HMX

$p/\text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$	400	800	1000	1200
$D_{50}/\text{nm}$	515.9	362.5	302.8	277.2

从表 2 可知: 随着撞击压力逐渐增大, HMX 晶体颗粒的粒径 ( $D_{50}$ ) 逐渐减小。当压力从 40 MPa 增大到 120 MPa 时, HMX 晶体颗粒的粒径 ( $D_{50}$ ) 则从 515.8 nm 减小到 277.2 nm。这首先是由于在撞击压力的作用下, HMX 的悬浮液产生运动, 悬浮液中的 HMX 颗粒之间发生碰撞、HMX 晶体颗粒与管壁之间的摩擦和悬浮液从几个微米的空中射出时, 与对面的金刚石靶发生强烈撞击等作用都会对 HMX 晶体颗粒产生粉碎作用; 其次是在悬浮液与金刚石靶发生撞击时, 产生超声波。在超声波通过液体时, 其强烈的机械作用使液

体产生震动, 加强了 HMX 晶体颗粒与管壁的摩擦以及 HMX 晶体颗粒之间的碰撞作用, 增强了撞击对 HMX 晶体颗粒的粉碎。同时, 超声波通过含有 HMX 的悬浮液时, 其产生的涡流使含有 HMX 晶体颗粒的悬浮液的某一区域形成暂时性的负压区, 并在该悬浮液中形成非稳定态的气泡或空穴, 当这些气泡或空穴突然闭合时, 会在这一区域产生具有很大压力的激波, 在这个具有较大压力激波的作用下, 也可使悬浮液中 HMX 颗粒得到粉碎。因此, 随着撞击压力的逐渐增大, 超声波的机械作用和空化作用得到了增强, 从而导致 HMX 晶体颗粒的粒径 ( $D_{50}$ ) 逐渐减小。

#### 参考文献:

- [1] 李凤生. 特种超细分体制备技术及应用[M]. 北京: 国防工业出版社, 2002.
- [2] 赵凤起, 覃光明, 蔡炳源. 纳米材料在火炸药中的应用研究现状及发展方向[J]. 火炸药学报, 2001, (4): 61.  
ZHAO Feng-qi, QIN Guang-ming, CAI Bing-yuan. Research status and development trends of nanometer materials in the application of propellants and explosives[J]. *Chinese Journal of Explosives & Propellants*, 2001, (4): 61.
- [3] 卢寿慈. 粉体加工技术[M]. 北京: 中国轻工出版社, 1999.

## The Effect of Pressure and Times of Impinging on the Particle Size of Superfine HMX by Impinging Method

HE De-chang, CHEN Qian, TAN Zheng

(State Key Laboratory of Prevention and Control of Explosion Disasters,  
Beijing Institute of Technology, Beijing 100081, China)

**Abstract:** The crushing of HMX was studied by impinge technology. The results show that the particle size of HMX decreased as the impinge pressure and impinge times increased. To some extent it changed very slowly.

**Key words:** explosion mechanics; impinge; HMX; superfine