

文章编号: 1001-1455 (2003) 05-0472-03

粒度对 HMX 撞击感度的影响*

吕春玲, 张景林

(华北工学院环境与安全工程系, 山西 太原 030051)

摘要: 采用 12 型工具法对炸药粒度与 HMX (Cyclotetramethylenetetranitramine, 奥克托今) 撞击感度的关系进行了研究, 并对撞击起爆机理进行了分析和探讨。结果表明: HMX 炸药粒度对撞击感度有显著影响, 且随着炸药粒度的增大, 其撞击感度呈增大趋势。点火阶段对撞击起爆过程起决定性作用, 影响点火阶段的因素就是决定其撞击感度高低的因素。晶体内部的活性中心是炸药受撞击时的起爆点, 而且大晶粒炸药中更易形成优先点火的活性中心。

关键词: 爆炸力学; 撞击感度; 撞击起爆; HMX; 粒度; 活性中心; 点火

中图分类号: O38; TQ563

国标学科代码: 130°3530

文献标志码: A

1 引言

火工品技术的发展趋势是钝感化和高能化^[1], 因此在满足各类武器对炸药能量性能、爆轰性能等条件的基础上, 如何通过改变炸药的物理性能来调控其安全性能是解决炸药高能与安全可靠性之间矛盾的关键。撞击感度是衡量炸药安全性能的一项重要指标^[2], 有关炸药粒度与撞击起爆机理的研究在国内有少量报道, 但由于受研究条件、研究范围所限, 还没有形成规律性的结论, 且不能用现有的热点起爆机理进行合理的解释。另外, 由于 HMX 不仅是当前性能最优良的单质军用炸药之一, 而且还作为高能添加剂广泛应用于各种改性固体推进剂中, 所以研究这一课题, 有助于正确评价炸药的安全性, 解决军用炸药的高能输出与安全可靠性间的矛盾, 指导新型炸药的配方设计及生产、运输、使用等的安全运行。

2 撞击感度试验

(1) HMX 的粒度分级和指标测定。用水筛法将 HMX 进行粒度分级, 得到粒度分别为 ≤ 30 、 $30 \sim 40$ 、 $40 \sim 64$ 、 $64 \sim 94$ 、 $94 \sim 154 \mu\text{m}$ 五种 HMX 炸药; 用喷射细化重结晶法得到 $1 \sim 2 \mu\text{m}$ 的 HMX 炸药。用 LS-800 激光粒度分析仪测定样品的中值粒径 D_{50} , 结果为: 粒度为 $1 \sim 2$ 、 ≤ 30 、 $30 \sim 40$ 、 $40 \sim 64$ 、 $64 \sim 94$ 、 $94 \sim 154 \mu\text{m}$ 的样品的中值粒径分别为 1.56、18.86、36.75、52.26、84.21、118.70 μm 。

(2) 试验方法。按照 GJB772A-97“撞击感度测定 12 型工具法”, 首先用特屈儿和太安对 12 型落锤撞击感度仪进行标定, 合格后开始落锤试验。选取 2.5kg 落锤, 利用数理统计中的“阶梯法”进行试验, 得出 HMX 在 50% 爆炸时的落高值 H_{50} (简称 50% 爆炸特性落高), 来表征 HMX 炸药的撞击感度。

(3) 试验结果。HMX 粒度与撞击感度的关系如图 1 所示。从图可以看出: 炸药粒度对撞击感度影响显著, 撞击感度随炸药粒度的增大呈增大趋势; 超细晶粒撞击感度呈明显降低趋势。

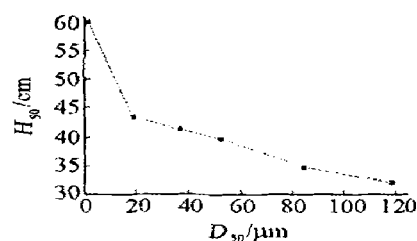


图 1 HMX 粒度与撞击感度关系
Fig. 1 Graph of the particle size and the impact sensitivity

3 扫描电镜试验

为了探讨粒度对撞击起爆的影响机理, 用扫描电镜分析了不

* 收稿日期: 2002-07-16; 修回日期: 2003-02-25

作者简介: 吕春玲 (1971—), 女, 博士研究生, 讲师。

同粒度 HMX 的表面结构, 测试结果如图 2 和图 3 所示。从扫描电镜实验结果可以看出: (1) 实际晶粒表面都存在不同程度的结构不完整性和组成不均匀性; (2) 多数大晶粒是较小晶粒的聚晶, 大晶粒结构的不完整性和组成的不均匀性一般大于较小晶粒; (3) 多数大晶粒表面由微晶构成镶嵌结构, 其中存在大量的“晶界”和“位错”。

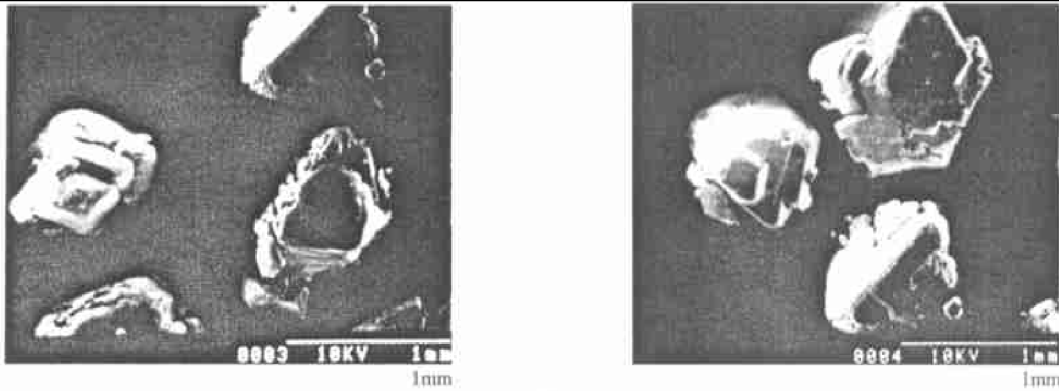


图 2 粗晶粒表面结构

Fig.2 Surface texture of coarse particles

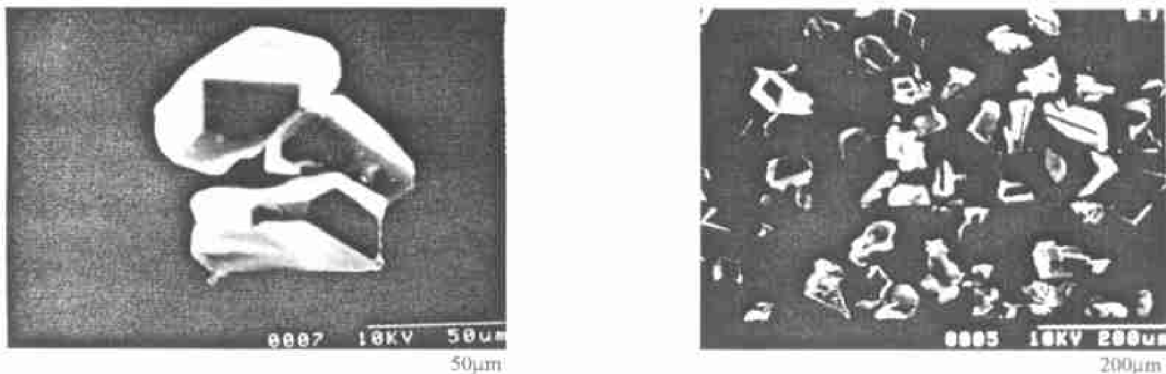


图 3 较细晶粒表面结构

Fig.3 Surface texture of fine particles

4 分析与讨论

(1) 点火难易程度决定撞击感度的高低。

炸药撞击起爆理论认为, 起爆过程一般分为点火和爆轰成长两个阶段。而在炸药撞击感度试验中, 以有爆炸声、发光、冒烟、试样变色、有燃烧痕迹、有分解或爆炸气体产物气味等现象之一, 即可判定为“爆炸”, 即试验仅区分试样是否发生“点火”, 而不区分试样的爆轰成长即反应激烈程度, 因此试验实质反映的是试样在受撞击时是否容易点火^[3]。所以撞击感度的试验判据决定了在撞击感度试验过程中, 点火阶段对撞击感度的高低起决定性作用, 影响点火阶段的因素就是决定其撞击感度高低的关键因素。

(2) 炸药晶体内部的活性中心是炸药受撞击时的起爆点。

对于单质炸药, 其粒度就是炸药晶体颗粒的大小, 而由于垂直于晶体表面和沿晶体表面方向的化学组成、结构和能量等方面的变化, 几乎所有的实际晶体表面都存在不同程度的结构不完整性和组成不均匀性, 使晶体表面各处的表面能产生差异, 在结晶的棱角等表面能高的区域, 性质比较活泼, 往往形成活性中心^[4], 成为炸药受撞击后起爆的点火点。这对研究结晶炸药颗粒发生爆炸反应的微观机理很重要。

(3) 大晶粒炸药中更易形成优先点火的活性中心。

由于多数的大晶粒是小晶粒的聚晶, 其表面是由不同结晶学取向的微晶构成的镶嵌结构, 晶体中存在大量的“晶界”和“位错”, 而且在这些部位或其附近形成应力场、化学势增加, 所以大晶粒的结构不完

整性和组成的不均匀性一般大于小晶粒,这就导致大晶粒更易形成活性中心,从而成为大粒晶体炸药受撞击时优先反应的区域。

另外,观察经过试验而未被判定为爆炸的晶体,可见到炸药已被压碎,且产生了塑性流动。这是因为当堆积晶粒受到外界作用力时,一方面在晶粒间产生了相对运动,另一方面大晶粒会沿着弱晶面产生裂纹和错动。晶粒间及晶粒内部的错动会导致摩擦生热,从而增进了活性中心的敏感程度。摩擦产生热量的大小与晶粒间及晶粒内部错动的相对运动速率关系很大。一方面大晶粒的形成机理和过程决定了其在晶粒内部的弱晶面发生塑性错动的可能性更大,相对运动速率更高;另一方面晶粒直径越小,架桥结构越易形成,晶粒的趋空性和楔入性更小,所以结构更稳定,当受到外界冲击载荷作用时,小晶粒间相对运动的可能性更小,运动速率更低,因此炸药晶粒越小,点火越不易形成,炸药撞击感度降低。

对于超细晶粒而言,一方面其表面良好的结构完整性、成分均匀性以及优异的导热性能使得在其内部不易形成局部的活性中心。另一方面其比表面积的迅速增长使晶粒的表面能很高,超细颗粒多以团聚体形式存在,当炸药受外界冲击载荷作用时,晶粒团聚体的破散会消耗一部分能量,减弱炸药的受撞击力强度,同时撞击作用力沿晶粒表面迅速传递,单位表面承受的作用力减少。所以在超细晶粒内部更不易形成活性中心,使炸药的撞击感度显著降低。

5 结 论

(1)点火阶段对撞击起爆过程起决定性作用,影响点火阶段的因素就是决定其撞击感度高低的 key 因素。(2)晶体内部的活性中心是炸药受撞击时的起爆点,而且大晶粒炸药中更易形成优先点火的活性中心。(3)炸药粒度对撞击感度有显著影响,且随着炸药粒度的增大,其撞击感度呈增大趋势。

参考文献:

- [1] 王凯民,王文砧,张玲香.九十年代美国火工品技术的发展规划及研究进展[J].火工品,2000(4):37-42.
WANG Kai-min, WANG Wen-zhen, ZHANG Ling-xiang. Development on American technical advances of initiating explosive devices in 1990s[J]. Initiations and Pyrotechnics, 2000(4):37-42.
- [2] 张小宁,徐更光,徐军培,等.超细 HMX 和 RDX 撞击感度的研究[J].火炸药学报,1999,22(1):33-36.
ZHANG Xiao-ning, XU Geng-guang, XU Jun-pei, et al. The studying of impact sensitivity of superfine HMX and RDX [J]. Chinese Journal of Explosive and Propellants, 1999, 22(1):33-36.
- [3] 胡庆贤.落锤试验的讨论[J].火炸药学报,1998,21(2):33-35.
HU Qing-xian. The discussion of drop test[J]. Chinese Journal of Explosive and Propellants, 1998, 21(2):33-35.
- [4] 顾惕人,马季铭,李外郎,等.表面化学[M].北京:科学出版社,2001:209-211.

Influence of particle size on the impact sensitivity of HMX

L ÜChun-ling^{*}, ZHANG Jing-lin

(Department of Environment and Safety Engineering,
North China Institute of Technology, Taiyuan 030051, Shanxi, China)

Abstract: the influence of particle size on the impact sensitivity of HMX is studied by the 12-type instrument method, and the mechanism of initiation of detonation is investigated. Results indicate that particle size greatly affects the impact sensitivity, and the impact sensitivity increases with the particle size. Ignition plays a determinant role in the impact detonation, and the factors that influence ignition are also the crucial ones that decide the impact sensitivity. Active centers in the crystal are the initiation points, and the bigger the crystal is, more easily the active centers will form.

Key words: mechanics of explosion; impact sensitivity; impact initiation; HMX; particle size; active center; ignition

^{*} Corresponding author: L ÜChun-ling E-mail address: LCL71@tom.com; Telephone: 0351-3922140