

文章编号: 1006-9941(2007)06-0581-02

## 一种重结晶黑索今的冲击波感度研究

封雪松, 赵省向, 李小平

(西安近代化学研究所, 陕西 西安 710065)

**摘要:** 为了改善黑索今(RDX)结晶形态和降低感度,以二甲基亚砜为溶剂、以 Twin-80 为晶体改性剂,对普通 RDX 进行重结晶处理,使用光学显微镜、密度瓶法等分析测试了 RDX 重结晶前后的晶体形貌和质量,表明重结晶 RDX 的晶体颗粒表观密度提高约  $0.007 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ ,颗粒外形更加规整圆滑。标准 SSGT 小隔板试验表明,以重结晶 RDX 制备的浇铸 PBXs,其冲击波感度比相同配方下普通 2 类 RDX 降低 25%。

**关键词:** 有机化学; RDX; 重结晶; 晶体改性剂; 冲击波感度

**中图分类号:** TJ55; O62

**文献标识码:** A

### 1 引 言

黑索今(RDX)具有较低的成本和优异的综合性能,是目前应用最广泛的炸药之一。但是,现有生产工艺得到的 RDX(普通 RDX)的颗粒存在一定缺陷,导致其感度较高,不能满足现代武器装备对安全性的更高要求。近几年,西方先进国家投入大量人力物力开展炸药颗粒品质的改善及其表征工作<sup>[1]</sup>,以及对弹药易损性影响的研究<sup>[2]</sup>,相继有多个研究机构开发出冲击波感度降低的降感 RDX(Insensitive RDX; 或 reduced sensitivity RDX; 或 Grade A RDX)<sup>[3-5]</sup>。当前,降感 RDX 已成为火炸药领域的研究热点,美、英、法、挪威、澳大利亚等国家已实现了降感 RDX 的产业化。

但是,目前尚没有关于降感 RDX 的制备方法和工艺的公开文献报道,也没有统一的鉴定标准。为此,本课题组开展了普通 RDX 的重结晶研究,期望通过改进重结晶工艺以改善 RDX 的晶体形貌和质量<sup>[6-7]</sup>,从而降低 RDX 的冲击波感度,提高 RDX 的使用安全性。

### 2 实 验

#### 2.1 RDX 重结晶样品的制备

在三口烧瓶中将普通 2 类 RDX 和一定量的晶体改性剂 Twin-80 加入到 2 倍量的二甲基亚砜中,升温溶解、缓慢冷却、析晶保温、稀释结晶,过滤干燥后即得重结晶 RDX 样品。采用匹配甲苯的光学显微镜目测重结晶 RDX 样品的颗粒外形及内部缺陷。经过多次试验和比较,筛选出外形较圆滑、内部缺陷较少的晶体颗粒备用。

#### 2.2 RDX 为基的浇铸 PBXs 药柱的制备

分别称取一定量的重结晶 RDX 样品、铝粉、高氯酸铵、端羟基聚丁二烯等,机械搅拌混合均匀后,浇铸到内径 5.1 mm、外径 25 mm、高 50 mm 的模具中,完全固化后制成试样备用。为比较重结晶 RDX 的降感效果,实验采用了普通 2 类 RDX,使用相同的配方和工艺制备参比试样。

#### 2.3 冲击波感度测试

采用标准的 SSGT 小隔板实验装置测试重结晶前后 RDX-PBX 的冲击波感度,实验按 Bruceton 升降法进行,隔板厚度的升降步长为 0.2 mm。被测试样是否起爆根据末端钢鉴定块上的深度判定,若炸痕深度大于零间隙(隔板厚度为零)时平均炸痕深度的 50%,即判定为起爆,否则判定为不起爆<sup>[8]</sup>。实验装置如图 1 所示。

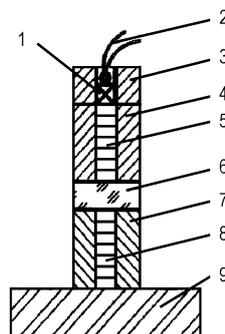


图 1 SSGT 小隔板试验装置

- 1—雷管, 2—电引火头, 3—雷管座, 4—施主药柱套筒, 5—标准施主药柱, 6—有机玻璃隔板, 7—受主药柱套筒, 8—受主药柱, 9—鉴定钢块
- Fig. 1 Schematic diagram of SSGT assembly  
1—detonator, 2—electric ignitor, 3—detonator base, 4—benefactor sleeve, 5—benefactor, 6—PMMA GAP, 7—acceptor sleeve, 8—acceptor, 9—identify bloom

收稿日期: 2007-01-30; 修回日期: 2007-07-04

作者简介: 封雪松(1975 -), 女, 工程师, 从事混合炸药配方与性能研究。

图1由标准施主药柱爆炸产生的冲击波,经有机玻璃隔板衰减后,作用于受主药柱(被测试样),通过测定被测试样50%被起爆时的隔板厚度( $L_{50}$ )来表征试样的相对冲击波敏感度。隔板值越大,入射到被测试样的冲击波压力越低,冲击波敏感度越高;反之,冲击波敏感度越低。

### 3 结果与讨论

#### 3.1 RDX重结晶前后的颗粒形貌和晶体质量

普通2类RDX和重结晶RDX的颗粒形貌的光学显微镜照片分别如图2和图3所示。对比图2、3可知,重结晶RDX的聚晶减少、晶体完整性提高,晶粒棱角减少,表面更光滑,外形趋于球形,这些都有利于降低炸药的冲击波敏感度,提高安全性。

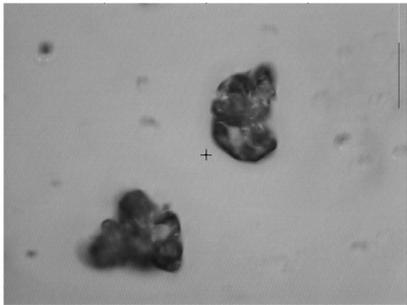


图2 普通2类RDX的显微镜图

Fig. 2 Microscopic photograph of normal RDX, class 2

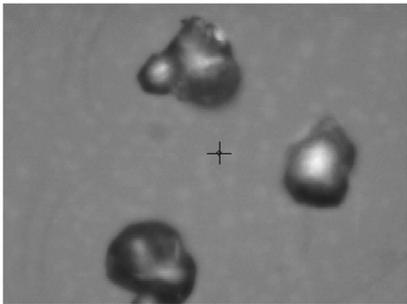


图3 重结晶RDX的显微镜图

Fig. 3 Microscopic photograph of recrystallizing RDX

为表征RDX晶体质量,依据GJB772A-97中的401.1密度瓶法,分别测试RDX重结晶前后晶体颗粒的表观密度,结果见表1。为便于比较,表1也列出了两种RDX的平均粒径。由表1可知,重结晶RDX的晶体颗粒表观密度比普通2类高 $0.007 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ 。表明重结晶RDX的晶体内部缺陷减少,晶体质量得到改善,这与SEM结果一致。

#### 3.2 RDX重结晶前后的冲击波敏感度

实验获得了普通2类RDX和重结晶RDX为基的PBXs冲击波敏感度,结果见表2。

表1 RDX重结晶前后晶体颗粒的表观密度

Table 1 The apparent density of RDX before and after recrystallization

sample	apparent density $/\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$	average particle size $/\mu\text{m}$
normal RDX, class 2	1.816	128.3
recrystallizing RDX	1.823	120.2

表2 RDX重结晶前后的PBXs冲击波敏感度

Table 2 The shock sensitivity of PBX based RDX before and after recrystallization

sample	$L_{50}/\text{cm}$
normal RDX, class 2	3.51
recrystallizing RDX	2.64

从表2可知,由重结晶RDX制备的PBX冲击波敏感度,比相同配方普通2类RDX制备的PBX的冲击波敏感度,隔板厚度降低了0.87 cm,降低幅度约25%。

普遍认为,单质炸药晶体内部及表面的孔隙、位错、杂质等缺陷是引起炸药爆炸的热点源,并随着缺陷数量和尺寸的增加,其冲击波敏感度相应增加。通过重结晶减少炸药晶体缺陷,是降低炸药冲击波敏感度、提高安全性的有效手段<sup>[9-10]</sup>。研究表明,以Twin-80为晶体改性剂、二甲基亚砜为溶剂得到的重结晶RDX,晶体颗粒的聚晶减少,晶粒外形更加规整圆滑,颗粒表观密度得到了提高,冲击波敏感度比普通2类RDX明显降低。

### 4 结论

以二甲基亚砜为溶剂、Twin-80为晶体改性剂,对普通2类RDX进行重结晶处理,得到了晶粒棱角减少、聚晶减少、外形规整、颗粒表观密度提高的一种重结晶RDX,其冲击波敏感度较普通2类RDX降低约25%。

#### 参考文献:

- [1] Watt D, Peugeot F. Reduced sensitivity RDX, where are we [C] // 35th International Annual Conference of ICT, Energetic Materials (Structure and Properties), Germany, 2004.
- [2] Bui-Dang R, Brady V. Evaluation of reduced sensitivity RDX in PBXN-109 in GP bomb [C] // 35th International Annual Conference of ICT Energetic Materials (Structure and Properties), Germany, 2004.
- [3] Borne L, Beaucamp A. Effects of explosive crystal internal defects on projectile impact initiation [C] // The 11th Int. Detonation Symp, 2002.
- [4] Van der Steen A C. Influence of RDX crystals shape on the shock sensitivity of PBXs [C] // Proceedings of the 9th Symposium International on Detonation, Orlando, 1989.

(下转 615 页)

cient of red phosphorus smoke to 10.6  $\mu\text{m}$  laser emission[J]. *Infrared and Laser Engineering*, 2005, 34(6): 636-640.

- [8] 王玄玉, 潘功配. 红磷烟幕中红外光谱和红外消光性能研究[J]. 红外与毫米波学报, 2006, 25(5): 397-400.

WANG Xuan-yu, PAN Gong-pei. Study on middle infrared spectrum and extinction performance of red phosphorus smoke[J]. *J Infrared Millim Waves*, 2006, 25(5): 397-400.

- [9] 陈海平. 烟幕技术基础[M]. 北京: 兵器工业出版社, 2002.

## Extinction Coefficient of Red Phosphorus Smoke Combined with Nanometer Alumina to 10.6 $\mu\text{m}$ Laser Emission

WANG Xuan-yu<sup>1</sup>, PAN Gong-pei<sup>2</sup>

(1. Laboratory of Pyrotechnical Technology, Institute of Chemical Defense, Beijing 102205, China;

2. Department of Chemistry, Nanjing University of Science & Technology, Nanjing 210094, China)

**Abstract:** In order to improve the extinction performance of red phosphorus smoke to 10.6  $\mu\text{m}$  laser emission, the extinction coefficients of nanometer alumina aerosols, red phosphorus smoke and their combined smoke to 10.6  $\mu\text{m}$  laser emission were tested in a middle smoke chamber. Results show that, under the air relative humidity of 40%, the extinction coefficients of nanometer alumina aerosols, red phosphorus smoke and their combined smoke to 10.6  $\mu\text{m}$  laser emission with incident power of 1W are  $0.222 \text{ m}^2 \cdot \text{g}^{-1}$ ,  $0.298 \text{ m}^2 \cdot \text{g}^{-1}$  and  $0.449 \text{ m}^2 \cdot \text{g}^{-1}$ , respectively. It indicates that nanometer alumina combined with red phosphorus smoke improves the diffusion performance of nanometer alumina remarkably, and the extinction coefficient of the combined smoke enhances by 50.7% than that of red phosphorus.

**Key words:** applied chemistry; red phosphorus; alumina; laser; smoke; extinction coefficient

(上接 582 页)

- [5] Mishra I B, Vande Kieft L J. Novel approach to insensitive explosives [C]// Proceedings of the 19th International Annual Conference of ICT, Karlsruhe. 1988.

- [6] 张永旭, 吕春绪. 重结晶法制备纳米 RDX[J]. 火炸药学报, 2005, 28(1): 49-51.

ZHANG Yong-xu, Lü Chun-xu. Preparation of RDX microcrystals with nanometer size by recrystallization[J]. *Chinese Journal of Explosives and Propellants*, 2005, 28(1): 49-51.

- [7] 叶毓鹏. 炸药结晶工艺学及其应用[M]. 第1版. 北京: 兵器工业出版社, 1995.

Crystallization Technique of Explosive and Its Application[M]. First Edition. Beijing: Ordnance Industry Press, 1995.

- [8] 刘玉存, 王作山, 吕春玲, 等. 黑索今粒度及粒度级配对高分子粘结

炸药冲击波感度的影响[J]. 兵工学报, 2005, 26(1): 126-128.

LIU Yu-cun, WANG Zuo-shan, Lü Chun-ling, et al. Influence of particle size and gradation of RDX on the shock sensitivity of a polymer bonded explosive[J]. *Acta Armamentarii*, 2005, 26(1): 126-128.

- [9] 陈厚和, 孟庆刚, 曹虎, 等. 纳米 RDX 粉体的制备与撞击感度[J]. 爆炸与冲击, 2004, 24(4): 382-384.

CHEN Hou-he, MENG Qing-gang, CAO Hu, et al. [J]. *Explosion and Shock Waves*, 2004, 24(4): 382-384.

- [10] 黄明, 李洪珍, 徐容, 等. 降感黑索今研究[J]. 含能材料, 2006, 14(6): 492.

HUANG Ming, LI Hong-zhen, XU Rong, et al. Research of desensitized RDX[J]. *Chinese Journal of Energetic Materials (Hanneng Cailiao)*, 2006, 14(6): 492.

## The Shock Sensitivity of a Recrystallizing RDX

FENG Xue-song, ZHAO Sheng-xiang, LI Xiao-ping

(Xi'an Modern Chemistry Research Institute, Xi'an 710065, China)

**Abstract:** The ordinary RDX was recrystallized in dimethyl sulfoxide (DMSO) solvent with Twin-80 crystal modifier to improve its morphology and reduce its sensitivity. Optical microscopy and density-bottle were utilized to analyze RDX sample before and after recrystallization, the results show that apparent density of recrystallized RDX is increased by  $0.007 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$  and the recrystallized RDX has more regular and smooth crystal morphology. The recrystallized RDX and ordinary RDX were used respectively in the same cast PBX formula. The shock sensitivity of the two formula was compared by small scale gap test (SSGT) equipment, the results show that recrystallized RDX formula has 25% lower shock sensitivity than ordinary RDX formula.

**Key words:** organic chemistry; RDX; recrystallization; crystal modifier; shock sensitivity