

文章编号: 1006-9941(2008)05-0515-04

超细 A₅ 传爆药的制备及表征

梁逸群, 张景林, 姜夏冰, 王保国

(中北大学化工与环境学院, 山西 太原 030051)

摘要:为克服普通 A₅ 传爆药能量低、感度高、不能满足现代战争对武器弹药高能高安全性要求的缺点,开发了以超细黑索今(RDX)为主体炸药、硬脂酸为包覆剂的超细 A₅ 传爆药。采用水悬浮分散包覆工艺制备出超细 A₅ 传爆药造型粉。傅立叶变换红外光谱(FT-IR)和扫描电镜(SEM)表明,硬脂酸包覆在超细 RDX 的表面。撞击感度实验结果表明,超细 A₅ 的 2.5 kg 落锤特性落高(H_{50})比普通 A₅ 提高了 3.97 cm;而冲击波感度实验结果表明,超细 A₅ 的 50% 爆炸的隔板值(X_n)比普通 A₅ 降低了 3.43 mm;能量输出表明:超细 A₅ 的钢凹值比普通 A₅ 深 0.241 mm。

关键词:应用化学;超细 RDX;包覆;水悬浮;撞击感度;冲击波感度

中图分类号:TJ45

文献标识码:A

1 引言

黑索今(RDX)大量用于破甲弹、榴弹、火箭弹、导弹战斗部以及航空炸弹等装药。利用 RDX 炸药能够生产出一系列钝黑或聚黑类混合炸药^[1]。由于 RDX 机械感度和冲击波感度较高,限制了其应用范围。为了改善这些缺陷,可将 RDX 细化或添加钝感粘剂来改善 RDX 的性能^[2-3]。张永旭^[4]用一种新型重结晶方法,获得了几十纳米到若干微米的 RDX 微晶。何得昌^[5]利用高速撞击法制备出粒度分布较窄的纳米级 RDX($d_{50} = 46.7 \text{ nm}$),陈厚和^[6-7]对纳米 RDX($d_{50} = 40 \text{ nm}$)进行撞击感度实验发现,其 5 kg 落锤特性落高是普通工业 RDX($d_{50} = 66 \mu\text{m}$)的二倍左右,黄明^[8]采用特殊的结晶工艺改善普通 RDX 的颗粒品质,得到了降感 RDX,与普通 RDX 相比,其低压冲击波感度降低幅度与钝化 RDX 相当。可是当炸药粉体粒径减小后,容易发生团聚,流散性差从而影响压装性能,必须进行包覆和表面改性。美国用硬脂酸钙包覆 RDX 制备 CH-6 炸药^[9]作为弹药中传爆药,由于价格因素逐步被 A₅(硬脂酸包覆 RDX)传爆药取代,我国在 20 世纪 80 年代研制出 A₅ 传爆药^[10]并已设计定型,随着现代战争对钝感高能、安全可靠传爆药的需求,原有 A₅ 传爆药已经不能满足需求,迫切需要研制一种能替代 A₅ 的新型传爆药。

本实验以超细 RDX 为主体炸药、硬脂酸为钝感包

覆剂,采用水悬浮分散包覆工艺制备出超细 A₅ 传爆药造型粉,并对其主要性能进行了测试。

2 实验

2.1 制备原理

超细 A₅ 传爆药的制备是将一定量的钝感剂硬脂酸溶液加入到超细 RDX 悬浮液中,经过一段时间的搅拌,使两者充分混合,然后冷却降温,使钝感剂硬脂酸包覆(凝聚)在炸药颗粒表面上。该过程中靠钝感剂硬脂酸的相变(液态→固态)以及分子间范德华力的物理作用而达到包覆和表面改性目的。

2.2 原材料和仪器设备

亚微米级 RDX,符合 QB2007-04,由中国兵器工业传爆药性能检测中心提供,粒度大小和分布见表 1。硬脂酸(分析纯),符合 Q/HQ33259-97,由天津市东丽区天大化学试剂厂提供;蒸馏水。DGSY-II 水浴控温装置,上海医疗器械仪表厂生产;DT-100A 分析天平,北京光学设备有限责任公司生产;Nicolet6700 型傅立叶红外光谱分析仪,德国 Nicolet 公司生产;S4700 型冷场扫描电镜,日本日立公司生产。

3 结果与讨论

3.1 红外光谱(FT-IR)分析

为考察钝感剂硬脂酸对超细 RDX 的包覆情况,用傅立叶红外光谱分析仪测定硬脂酸、超细 RDX 和超细 A₅ 传爆药红外吸收光谱,如图 1 所示。

由图 1 可看出,在波数 3100 ~ 2800 cm^{-1} 之间($\text{C}_{\text{sp}}^3-\text{H}$ 和 $\text{C}_{\text{sp}}^2-\text{H}$ 的振动带),超细 A₅ 复合粒子既有超细 RDX 的特征吸收峰,又有硬脂酸的吸收峰(由于含

收稿日期: 2008-06-19; 修回日期: 2008-07-21

作者简介:梁逸群(1983-),女,硕士研究生,从事含能材料的制备及分析研究。e-mail: 116807543@ qq.com

张景林(1939-)男,教授,博导,从事爆炸安全及含能材料研究。

量太少,吸收峰不太明显),没有出现二者以外的新特征峰,其中 3073.5 cm^{-1} , 2995.9 cm^{-1} 为 $\text{C}_{\text{sp}^2}\text{—H}$ 的振动带, 2910.2 cm^{-1} 为 $\text{C}_{\text{sp}^3}\text{—H}$ 的振动带, 2844.9 cm^{-1} 为 $\text{C}_{\text{sp}^2}\text{—H}$ 的振动带,表明超细 A_5 复合粒子确实由二者组成,但是机械混合还是物理包覆,需用扫描电镜进行表征验证。

表1 亚微米 RDX 粒度分布表

Table 1 The particle size distribution of sub-micron RDX

D/nm	$G(d)$	$C(d)$	D/nm	$G(d)$	$C(d)$	D/nm	$G(d)$	$C(d)$
652.1	0	0	1620.1	0	99	4025.0	0	99
714.2	27	17	1774.4	0	99	4408.5	0	99
782.3	100	81	1943.5	0	99	4828.5	0	99
856.8	19	93	2128.7	0	99	5288.6	0	99
938.4	5	96	2331.5	0	99	5792.4	0	99
1027.8	5	99	2553.6	0	99	6344.3	0	99
1125.8	0	99	2796.9	0	99	6948.8	0	99
1233.0	0	99	3063.4	0	99	7610.8	0	99
1350.5	0	99	3355.2	0	99	8335.9	1	100
1479.2	0	99	3674.9	0	99	9130.1	0	100

Note: $G(d)$, particle light scattering relative intensity which its particle size is d ; $C(d)$, particle accumulation which its particle size is less than d .

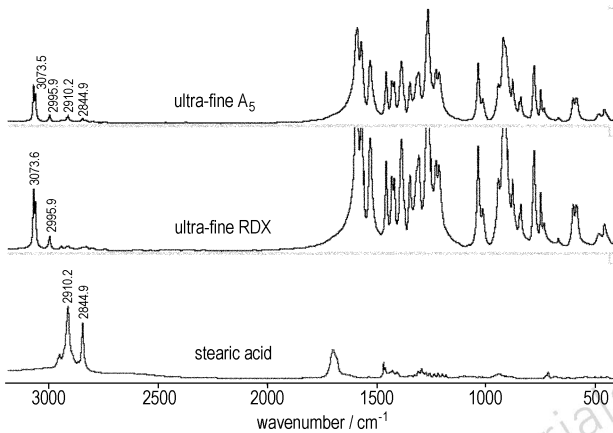


图1 硬脂酸、超细 RDX 和超细 A_5 传爆药的红外光谱图

Fig.1 FT-IR spectra of stearic acid, ultra-fine RDX and ultra-fine A_5 booster

3.2 扫描电镜 (SEM) 分析

为验证钝感剂硬脂酸对超细 RDX 的包覆情况,用扫描电镜观测包覆前后超细 RDX 的形貌,如图 2、3 所示。

图 2 中,多数的 RDX 在包覆前呈椭球状晶粒聚集在一起形成聚晶,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”。图 3 为包覆后的超细 RDX,硬脂酸与超细 RDX 交联在一起,呈棒状条状,比包覆前粒径有所增大,硬脂酸包覆在 RDX 表面,避免 RDX 晶体颗粒间的直接碰撞接触。

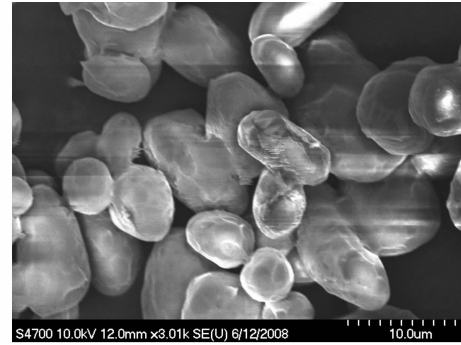


图2 超细 RDX 扫描电镜照片

Fig.2 The SEM photograph of ultra-fine RDX

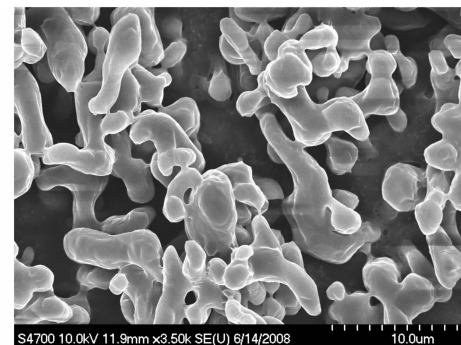


图3 硬脂酸包覆超细 RDX 的扫描电镜照片

Fig.3 The SEM photograph of ultra-fine RDX

coated with stearic acid

3.3 撞击感度对比

为对比超细 A_5 传爆药和普通 A_5 传爆药撞击安全性,根据 GJB772-97 方法 601.3: 12 型工具法对普通 A_5 传爆药和超细 A_5 传爆药进行撞击感度测试,实验结果见表 2。

表2 普通 A_5 和超细 A_5 的撞击感度

Table 2 The impact sensitivity of conventional A_5 booster and ultra-fine A_5 booster

sample	conventional A_5	ultra-fine A_5
critical height H_{50}/cm	28.93	32.90
standard deviation	0.036	0.082

Note: Sample mass: (35 ± 1) mg, hammer weight: 2.5 kg, 30 tests.

表 2 表明,超细 A_5 传爆药 50% 特性落高比普通 A_5 提高了 3.97 cm,使用安全性增加,因为超细 A_5 比普通 A_5 粒径细而均匀,晶体之间空隙小,在承受到外界冲击挤压时,颗粒间空气泡受到绝热压缩时形成热点的几率大大降低,理论研究表明,一般炸药内热点半径约大于 10^{-7} m (亚微米)才能成长为爆炸^[11]。同普通 A_5 传爆药相比,同质量的超细 A_5 传爆药粒径小,比表面积大,颗粒间的作用力较小,单个空穴的体积较小,材料的导热性能较好,不易形成热点^[12],“热点”

火”相对困难,即在混合炸药中,钝感剂硬脂酸以填充方式存在于撞击起爆过程中,一方面起到蜡性物质的润滑作用,有效降低了炸药晶体间的摩擦,有助于炸药的范性流变和粘性流变,减少了提供给热点的能量,另一方面,热点尺度变小,点火越难。由此在相同落高条件下,与普通 A₅ 传爆药相比,超细 A₅ 点火难度就提高。

3.4 冲击波敏感度对比

根据 GJB2178-94, GJB377 实验方法分别对普通 A₅ 传爆药和超细 A₅ 传爆药进行冲击波敏感度测试,测试结果见表 3。

表 3 普通 A₅ 和超细 A₅ 冲击波敏感度

Table 3 The shock wave sensitivity of conventional A₅ booster and ultra-fine A₅ booster

sample	conventional A ₅	ultra-fine A ₅
critical gap thickness/mm	12.03	8.60
standard deviation	0.03	0.07

Note: Density of charge (90% theoretical density): $\rho = 1.60 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$.

表 3 表明,超细 A₅ 传爆药 50% 爆炸隔板值比普通 A₅ 低 3.43 mm,使用安全性明显增加。因为在炸药冲击波敏感度实验中,决定冲击波感度高低的的关键仍是“热点点火”的难易程度,对于 A₅ 非均相炸药来说,施主药柱爆炸产生的冲击波强烈压缩受主药柱端面,受主药柱受热升温发生在局部热点上,热点不断成长扩大直至引起整个药柱爆炸。超细 A₅ 传爆药比普通 A₅ 粒径小,形成“热点”所需冲击波压力大,施主药柱与受主之间的隔板厚度就要减小。

3.5 能量输出测试对比

为对比普通 A₅ 传爆药和超细 A₅ 传爆药输出能量变化,根据《传爆药安全性试验方法》(GJB2178.1A-2005),用零间隙小隔板试验测得细化前后的钢凹值(h),以钢凹值来表示能量输出的变化情况。

试验原理为由标准施主药柱产生的冲击波在零间隙下作用于被测试样,在鉴定块上产生凹痕,凹痕深度越大,表明该炸药的轴向能量输出越高。连续试验 5 发,以 5 发的钢凹平均值来表示。试验结果见表 4。

表 4 中可以看出,超细 A₅ 传爆药的钢凹值比普通 A₅ 的钢凹值深 0.241 mm。这是因为非均相炸药冲击波起爆的能量输出决定于其爆轰速度,也就是爆轰传播速度,而爆轰成长的化学反应是颗粒燃烧,其主要影响因素是炸药的比表面积,因而炸药粒度对能量输出的影响,关键过程在于该过程中炸药颗粒的表面燃烧。炸药的粒度越小,比表面积越大,化学反应速度越大,

爆轰反应建立的越快,爆速越大,输出能量越高。

表 4 普通 A₅ 和超细 A₅ 的能量输出实验结果
Table 4 Energy output of conventional A₅ booster and ultra-fine A₅ booster

sample	steel engraving h /mm				mean value /mm	standard deviation	
conventional A ₅	1.976	1.980	1.982	1.977	1.975	1.978	0.003
ultra-fine A ₅	2.213	2.225	2.230	2.205	2.216	2.219	0.01

Note: Density of charge (90% theoretical density): $\rho = 1.60 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$.

4 结论

(1) 水悬浮法,以 SA 包覆超细 RDX 制备出了新型超细 A₅ 传爆药,FT-IR 和 SEM 分析表明,SA 包覆 RDX 属于物理包覆。

(2) 敏感度试验结果表明:超细 A₅ 的撞击敏感度比普通 A₅ 有所降低,冲击波敏感度显著降低,使用安全性增加。

(3) 能量输出试验结果表明:超细 A₅ 传爆药的钢凹值比普通 A₅ 传爆药深 0.241 mm,输出能量增大。

综上所述,超细 A₅ 综合性能比普通 A₅ 优良,是一种可以逐步取代普通 A₅ 的新型传爆药。

参考文献:

- [1] 沈先锋,石运开. 废旧黑索今再生技术研究[J]. 火炸药学报, 2000(4): 53-54.
SHEN Xian-feng, SHI Yun-kai. Regeneration technique of waste or obsolete hexogen [J]. *Chinese Journal of Propellants & Explosives*, 2000(4): 53-54.
- [2] 董海山,周芬芬. 高能炸药及相关物性能[M]. 北京: 科学出版社, 1989: 30-31.
- [3] 司马天龙,燕吉胜. 不同溶剂重结晶 RDX 对 A₅ 混合炸药压药成形性能的影响[J]. 火炸药学报, 2003, 26(2): 8-9.
SIMA Tian-long, YAN Ji-sheng. Effect of RDX re-crystallized RDX with different solvents on mechanical properties of composition A₅ [J]. *Chinese Journal of Explosives & Propellants*, 2003, 26(2): 8-9.
- [4] 张永旭,吕春绪,刘大斌. 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, LIU Da-bin. Preparation of RDX micro-crystals with nanometer size by re-crystallization [J]. *Chinese Journal of Propellants & Explosives*, 2005, 28(1): 49-51.
- [5] 何得昌,周霖,徐军培. 纳米级 RDX 颗粒的制备[J]. 含能材料, 2006, 14(2): 142-143.
HE De-chang, ZHOU Lin, XU Jun-pei. Preparation of nanometer RDX particle [J]. *Chinese Journal of Energetic Materials (Hanneng Cailiao)*, 2006, 14(2): 142-143.
- [6] 陈厚和,孟庆刚,曹虎,等. 纳米 RDX 粉体的制备与撞击敏感度[J]. 爆炸与冲击, 2004, 24(4): 382-383.

- CHEN Hou-he, MENG Qing-gang, CAO Hu, et al. Preparation and impact sensitivity of nanometer explosive powder of RDX [J]. *Explosion and Shock Waves*, 2004, 24(4): 382-383.
- [7] 陈厚和, 马慧华, 裴艳敏, 等. 纳米黑索今的制备及其机械感度[J]. 弹道学报, 2003, 15(3): 11-12.
- CHEN Hou-he, MA Hui-hua, PEI Yan-min, et al. The preparing technology and mechanical sensitivity of nanometer RDX[J]. *Journal of Ballistic*, 2003, 15(3): 11-12.
- [8] 黄明, 李洪珍, 徐容, 等. 降感黑索今研究[J]. 含能材料, 2006, 14(6): 340.
- HUANG Ming, LI Hong-zhen, XU Rong, et al. A study on desensitized RDX[J]. *Chinese Journal of Energetic Materials (Hanneng Cailiao)*, 2006, 14(6): 340.
- [9] 燕吉胜. 主体炸药 RDX 对 CH-6 炸药药柱特性的影响[J]. 火炸药学报, 2004, 27(3): 53-54.
- YAN Ji-sheng. Effect of base explosive RDX on pelleting characteristics of CH-6 compound [J]. *Chinese Journal of Propellants & Explosives*, 2004, 27(3): 53-54.
- [10] A₅ 传爆药设计定型资料[M]. 太原: 太原机械学院, 1986.
- [11] 鲍姆 Φ А, 斯达纽科维奇 κ π, 著. 众智译. 爆炸物理学[M]. 北京: 科学出版社, 1963: 36-44.
- [12] 刘玉存, 王建华, 安崇伟, 等. RDX 粒度对机械感度的影响[J]. 火炸药学报, 2004, 27(2): 8-9.
- LIU Yu-cun, WANG Jian-hua, AN Chong-wei, et al. Effect of particle size of RDX on mechanical sensitivity [J]. *Chinese Journal of Propellants & Explosives*, 2004, 27(2): 8-9.

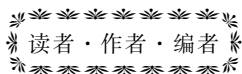
Preparation and Characterization of Ultra-fine A₅ Booster

LIANG Yi-qun, ZHANG Jing-lin, JIANG Xia-bing, WANG Bao-guo

(Chemical Industry and Ecology School of North University of China, Taiyuan 030051, China)

Abstract: In order to overcome the defects of conventional A₅ booster, such as low energy density, high sensitivity and difficulty in meeting the safety of weapons and ammunitions requiring high energy density and low sensitivity in modern war, ultra-fine A₅ booster was developed by coating ultra-fine RDX with stearic acid. The mould powder of ultra-fine A₅ booster was acquired by aqueous suspension technology. The FT-IR spectra and stereo scan photograph of ultra-fine A₅ booster show: stearic acid is covered on the surface of ultra-fine RDX. The experiment of impact sensitivity indicates: its critical height (H_{50}) is 3.97 cm, which is higher than that of conventional A₅ using 2.5 kg drop hammer; while the experiment of shock wave sensitivity also shows: its critical gap thickness (X_R) is 3.43 mm, thinner than that of conventional A₅, the experiment of energy output shows: its steel engraving is 0.241 mm deeper than that of conventional A₅.

Key words: applied chemistry; ultra-fine RDX; coating; aqueous suspension; impact sensitivity; shock wave sensitivity



欢迎订阅 2009 年《聚氨酯工业》

《聚氨酯工业》系中国聚氨酯工业协会会刊, 国内唯一公开发行的聚氨酯行业专业性科技刊物。创刊于 1986 年, 由中国聚氨酯工业协会和江苏省化工研究所有限公司主办, 现为中国科技核心期刊, 多种文摘及数据库用刊、收录期刊。国际标准连续出版物刊号: ISSN 1005-1902; 国内统一连续出版物刊号: CN32-1275/TQ。

《聚氨酯工业》主要报道聚氨酯制品及其原料等方面的科技成果与发展动态, 以刊登行业技术评述、学术及技术论文、生产应用和技术交流、分析测试方法以及生产设备技术进展为主, 同时还刊登国内外聚氨酯技术短讯及行业动态(会展信息等)。适合涉及高分子合成材料特别是聚氨酯材料研制、应用及管理的科技人员阅读, 创刊以来, 受到国内外聚氨酯行业专家学者以及生产一线生产技术人员及高等院校的高度重视和一致好评, 是从事聚氨酯行业人士的必备刊物。

《聚氨酯工业》为双月刊, 全年订价 80 元, 本刊发行部负责发行。并可免费索取样刊。

为庆祝《聚氨酯工业》创刊二十周年, 本刊隆重推出《聚氨酯工业》二十周年(1986-2006)期刊合集(DVD 光盘), 欢迎来电垂询。

欢迎订阅! 欢迎投稿! 欢迎刊登广告!

订阅办法: 1. 银行汇款 开户行: 中国农业银行南京市草场门分理处

账号: 03343100201040000039 户名: 江苏省化工研究所有限公司

2. 邮局汇款 地址: 南京市北京西路 72 号 邮编: 210024 收款人: 《聚氨酯工业》编辑部

联系方式: 电 话: 025-83755190, 83755199, 85664648 (兼传真) E-mail: puinj@jschemres.com