

文章编号: 1006-9941(2011)04-0442-03

粒度对硝胺类炸药烤燃热感度的影响

周得才¹, 吕春玲¹, 李梅², 耿孝恒¹, 张俊¹

(1. 中北大学化工与环境学院, 山西太原 030051; 2. 中北大学经济与管理学院, 山西太原 030051)

摘要: 为了探索硝胺类炸药的粒度对其烤燃热感度的影响, 采用喷射细化法和滴加法, 分别制备了三种粒度(亚微米、微米、数十微米)的黑索今(RDX)、奥克托今(HMX)、太安(PETN)粉末。采用扫描电子显微镜(SEM)和激光粒度分析仪对样品进行了表征, 并按照 GJB772A-1997 方法 608.1 在自制的慢烤装置中对其进行了烤燃(cook-off)试验。结果表明, 随着 RDX、HMX、PETN 粒度的减小, RDX、HMX、PETN 三种样品烤燃(cook-off)热感度均逐渐升高。

关键词: 物理化学; 硝胺类炸药; 粒度; 烤燃试验

中图分类号: TJ55; O64

文献标识码: A

DOI: 10.3969/j.issn.1006-9941.2011.04.020

1 引言

通过改变炸药粒度来改善炸药的性能已成为火炸药技术发展的重要途径。炸药粒度对其性能有显著影响, 许多科研工作者研究了硝胺炸药粒度对炸药机械感度的影响, 并得出一致的结论: 黑索今(RDX)、奥克托今(HMX)、太安(PETN)的机械感度均随炸药粒度减小而明显降低^[1-5]。因而硝胺类炸药细化后在生产、运输、使用过程中机械碰撞、摩擦、挤压等机械硬接触方面的安全性有明显优势。但是到目前为止, 有关粒度对硝胺类炸药热感度影响研究的文献极少。本实验研究了硝胺类炸药(RDX、HMX、PETN)粒度与其烤燃(cook-off)热感度的关系, 确定硝胺类炸药粒度对其烤燃热感度的影响, 为炸药的生产、加工、运输和使用以及粒度配方的选取提供理论依据。

2 实验部分

2.1 实验样品

原料 RDX(丙酮精制)、原料 HMX(工业级, $d_{50} > 100$)、原料 PETN(工业级)、二甲基甲酰胺(分析纯)、二甲基亚砷(分析纯)、丙酮(分析纯)、超纯水。

2.2 实验仪器

分析天平、向阳 XPD-1 型偏光显微镜、真空抽虑

机、水浴加热烘箱、AHX 型安全烘箱、BI. 90PLUS 激光粒度分析仪、HibachiS-4700 型场发射扫描电子显微镜。

2.3 样品制备

将一定质量的 RDX 在室温下配成饱和溶液, 并除去不溶物质。采用喷射细化法, 获得亚微米 RDX 炸药样品粉末; 采用滴加法, 获得微米级和数十微米的 RDX 炸药样品粉末。用同样的方法分别制得亚微米级、微米级和数十微米级三种粒度配级的 HMX 及 PETN 炸药样品。

2.4 样品粒度及形貌分析

使用激光粒度分析仪对所制备的样品进行粒度分析, 结果如表 1 所示。

采用 SEM 对不同粒度的三种炸样药品分别进行了形貌表征, 如图 1~图 3 所示。由图 1~图 3 可见, 亚微米的炸药颗粒的形貌多为球形, 1~10 μm 的炸药颗粒多为类球形, 而 10~50 μm 炸药颗粒的形貌为多面体形状。由图 1~图 3 中也可以进一步证实, 不同炸药 3 种粒度的样品分别处于亚微米、微米和数十微米。

2.5 烤燃实验

慢烤实验按照 GJB772A-1997 方法 608.1(热感度烤燃弹法)在自制的慢烤装置中进行。药柱尺寸为 $\Phi 15 \text{ mm} \times 18 \text{ mm}$, 内留 $\Phi 5 \text{ mm} \times 5 \text{ mm}$ 中心孔, 升温速率为 $(3 \pm 0.1) \text{ }^\circ\text{C} \cdot \text{min}^{-1}$ 。当听到爆炸声响或记录仪上曲线出现骤然变化时停止实验, 并记录实验数据, 实验结果用烤燃温度表示。

收稿日期: 2010-10-08; 修回日期: 2010-12-28

作者简介: 周得才(1984-), 男, 在读硕士, 从事高能钝感传爆药安全测试与研究。e-mail: zhoudeicai@163.com

表 1 样品粒度分析结果

Table 1 Results of the particle size of the samples

sample	HMX			RDX			PETN		
range of particle size/ μm	0.35 ~ 0.61	1 ~ 10	40 ~ 70	0.45 ~ 0.60	1 ~ 10	40 ~ 70	0.44 ~ 0.60	1 ~ 10	40 ~ 70
average particle size/ μm	0.47	6.27	42.10	0.52	5.65	65.14	0.45	6.57	61.58

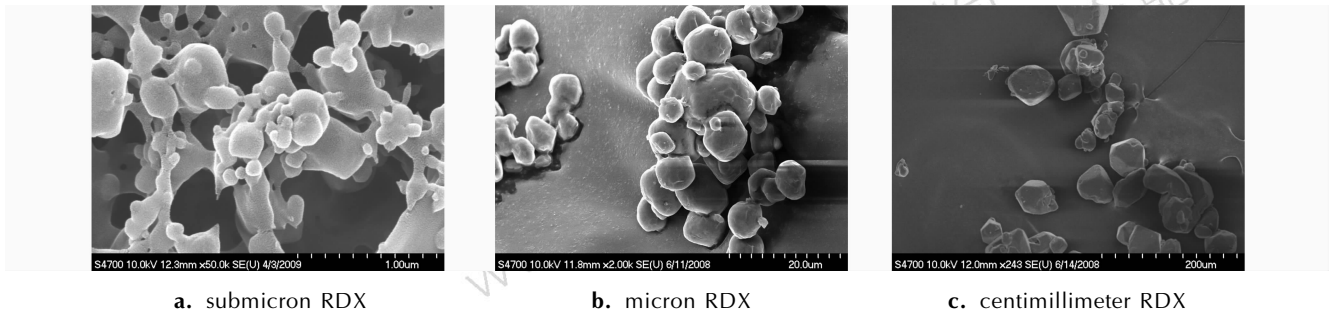


图 1 不同粒度 RDX 样品 SEM 照片

Fig.1 SEM photographs of RDX with different particle sizes

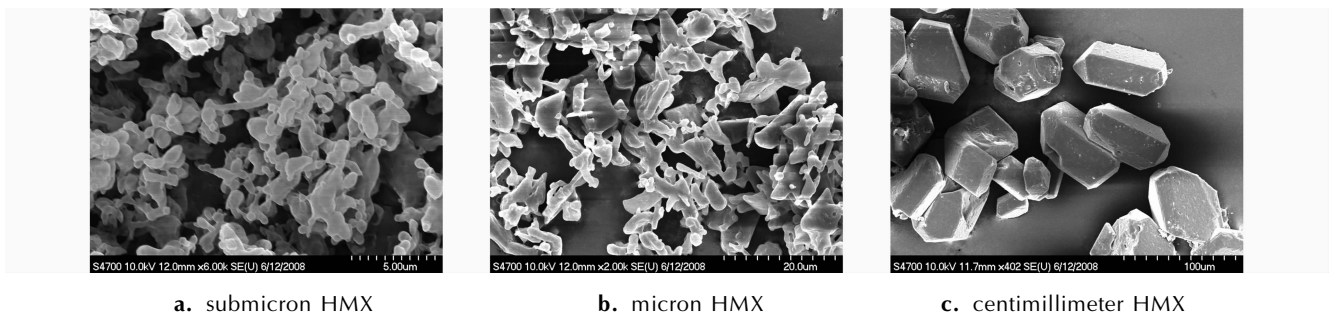


图 2 不同粒度 HMX 样品 SEM 照片

Fig.2 SEM photographs of HMX with different particle sizes

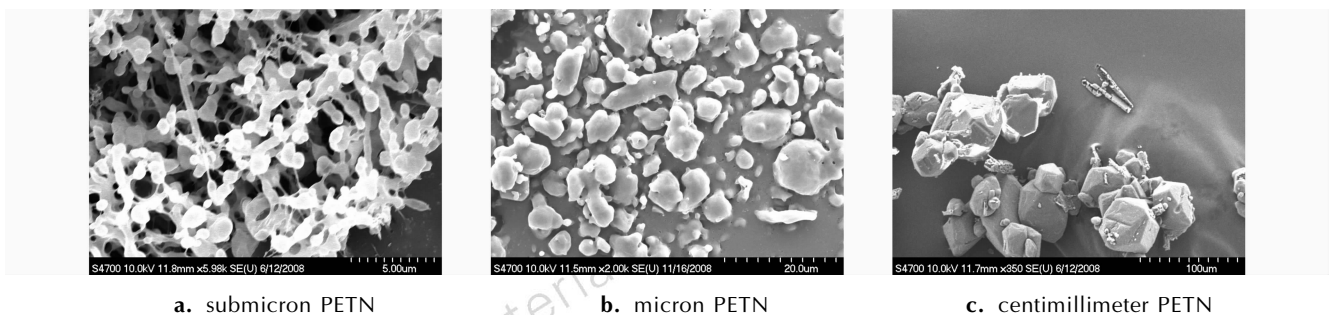


图 3 不同粒度 PETN 样品 SEM 照片

Fig.3 SEM photographs of PETN with different particle sizes

3 结果与讨论

不同粒度炸药样品烤燃实验结果见表 2。从表 2 可以看出,随着样品粒度的增加,三种粒度硝胺类炸药样品的烤燃温度均随粒度的减小呈明显下降趋势,即粒度越小,烤燃热感度越高。

大量研究表明,超细粉体炸药热导性好,容易进行热传导,在炸药受热情况下,容易将热量从炸药内部传

导出去,不易形成局部积热,爆炸热点不易形成,因而粒径越小,炸药的感度应该越低。而本实验中,炸药粒径越小,其烤燃剧烈反应温度拐点反而越低(即烤燃热感度越高)。这主要是因为:(1)在慢速升温的过程中,药柱的温度缓慢上升,整个药柱的温度趋于一致,因此热点理论在此不适用。(2)由于外部热源的持续存在,对于未被烤燃的药柱来说其吸热量始终大于放热量,故其导热性能不对其燃烧爆炸温度产生明显影响。

对于非催化的多相反应,减小反应物粒度可显著地增大反应物的比表面积,从而增大反应速率常数和降低反应的表观活化能^[6-8]。因此本实验现象可解释为:随着样品粒度的减小,其反应速率常数增大、表观活化

能降低,使粒度较小的样品在较低的温度下便具有较高的热分解反应速率,同时因炸药的热分解有自催化性,不同粒度样品的热分解速率差别逐渐增大,最后导致烤燃实验结束后各粒度样品的温度拐点差别较明显。

表 2 不同粒度 RDX、HMX、PETN 烤燃实验结果

Table 2 Thermal sensitivity results of RDX, HMX and PETN with different particle sizes

explosives	particle size	inflexion point of drastic action/°C	experimental results
HMX(80%TMD)	centimillimeter	249	the bodies were break and the explosives blasted totally
	micron	238	
	submicron	218	
RDX(80%TMD)	centimillimeter	176	the bodies were break and the explosives blasted totally
	micron	169	
	submicron	159	
PETN(80%TMD)	centimillimeter	201	the bodies were unbroken and the explosives were broken downm acutely
	micron	170	
	submicron	148	

4 结 论

(1) 随着硝胺类炸药(RDX,HMX,PETN)粒度减小,烤燃热敏感度逐渐升高。即粒度越小,烤燃敏感性越高。

(2) 炸药粒度的减小使炸药的比表面积显著增大,从而在热分解过程中反应速率常数增加、表观活化能降低,使粒度小的炸药样品在较低温度下便具有较高的热分解反应速率,从而导致烤燃热敏感度升高。

参考文献:

- [1] 只永发,邓志国,聂福德. 炸药颗粒度对冲击片起爆感度的影响[J]. 含能材料,2002,10(3): 139-141.
ZHI Yong-fa, DENG Zhi-guo, NIE Fu-de. Effect of granular size of explosive on initiation sensitivity of slapper[J]. *Chinese of Energetic Materials(Hanneng Cailiao)*, 2002, 10(3): 139-141.
- [2] 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): 7-9.
LIU Yu-cun, WANG Jian-hua, AN Chong-wei, et al. Effect of particle size of RDX on mechanical sensitivity[J]. *Chinese Journal of Explosives & Propellants*, 2004, 27(2): 7-9.

- [3] 张小宁,徐更光,徐培军. 超细 HMX 和 RDX 撞击感度研究[J]. 火炸药学报,1999,22(1): 1-3.
ZHANG Xiao-ning, XU Geng-guang, XU Pei-jun. A study about impact sensitivity of ultrafine HMX and RDX[J]. *Chinese Journal of Explosives & Propellants*, 1999, 22(1): 1-3.
- [4] 王相元,李伟明,周小伟,等. 重结晶工艺对太安撞击感度的影响[J]. 火炸药学报,2009,32(2): 37-40.
WANG Xiang-yuan, LI Wei-ming, ZHOU Xiao-wei, et al. Influences of recrystal technology on the impact sensitivity of PETN[J]. *Chinese Journal of Explosives & Propellants*, 2009, 32(2): 37-40.
- [5] 李岗,耿孝贤,王晶禹,等. 不同粒度 PETN 机械感度[J]. 四川兵工学报,2009,30(6): 79-81.
LI Gang, GENG Xiao-xian, WANG Jing-yu, et al. Effect of particle size of PETN on mechanical sensitivity[J]. *Journal of Sichuan Ordnance*, 2009, 30(6): 79-81.
- [6] 松全才,杨崇慧,金韶华. 炸药理论[M]. 北京:兵器工业出版社,1992.
SONG Quan-cai, YANG Chong-hui, JIN Shao-hua. Theory of Explosives[M]. Beijing: Ordnance Industry Press, 1992.
- [7] Antonijevic M M, Jankovic Z D, Dimitrijevic M D. Kinetics of chalcopyrite dissolution by hydrogen peroxide in sulphuric acid[J]. *Hydrometallurgy*, 2004, 71: 329-334.
- [8] Shui M, Yue L H, Hua Y M, et al. The decomposition kinetics of the SiO₂ coated nano-scale calcium carbonate[J]. *Thermo-chimica Acta*, 2002, 386(1): 43-49.

Effect of Particle Size of Nitroamine Explosives on Cook-off Sensitivity

ZHOU Dei-cai, Lü Chun-ling, LI Mei, GENG Xiao-heng, ZHANG Jun

(1. Chemical and Environment Institute of North university of China, Taiyuan 030051, China; 2. College Economics and Management of North University of China, Taiyuan 030051, China)

Abstract: In order to explore the relationship between the particle size of nitroamine explosives and their cook-off sensitivity, RDX, HMX and PETN samples with different particle sizes (centimillimeter, micron, submicron) were prepared by spray fine and dripping methods respectively. Scanning electron microscope (SEM) and laser particle analyzer were used to characterize samples. The cook-off thermal sensitivity for RDX, HMX and PETN samples were tested and analyzed by GJB772A-1997 method 608.1. Results show that thermal sensitivities of RDX, HMX and PETN increase with the reduction of particle size.

Key words: physical chemistry; nitro-amine explosive; particle size; cook-off test

CLC number: TJ55; O64

Document code: A

DOI: 10.3969/j.issn.1006-9941.2011.04.020