

文章编号: 1006-9941(2010)04-0435-04

DNAN 降低 DNTF 冲击波感度研究

王浩, 王亲会, 黄文斌, 罗一鸣, 王红星

(西安近代化学研究所, 陕西 西安 710065)

摘要: 通过冲击波感度、红外光谱、X 射线衍射和扫描电镜等试验,研究了 3,4-二硝基氧化呋咱(DNTF)、二硝基茴香醚(DNAN)以及不同比例 DNTF/DNAN 共熔物冲击波感度的变化情况,从其红外谱图、晶面间距和晶体形貌的变化规律分析了 DNAN 降低 DNTF 冲击波感度的机理。研究表明,加入 DNAN 能够有效降低 DNTF 的冲击波感度, DNAN 质量为 20% 左右综合性能较好,降低冲击波感度的同时,不产生晶体缺陷。

关键词: 爆炸力学; 3,4-二硝基氧化呋咱(DNTF); 二硝基茴香醚(DNAN); 共熔物; 冲击波感度

中图分类号: TJ55; O389

文献标识码: A

DOI: 10.3969/j.issn.1006-9941.2010.04.018

1 引言

3,4-二硝基呋咱基氧化呋咱(DNTF)作为一种新型高能密度材料,具有良好的综合性能,其撞击感度为 92%,摩擦感度为 12%^[1]。临界爆轰直径小于 0.5 mm。在大量基础性能研究后发现^[2-6],其工程应用的关键是解决其感度偏高,以及作为主装药使用时对冲击波敏感的问题。机械感度高可以加入高效钝感剂来降感,而高冲击波感度至今未发现有切实解决办法。二硝基茴香醚(DNAN)是一种熔铸不敏感载体炸药,具有冲击波感度低的特性^[7]。并能与 DNTF 形成共熔物。

利用 DNAN 这些特性,本实验研究了加入 DNAN 后 DNTF 的冲击波感度变化,以期为 DNTF 基熔铸炸药配方研究提供设计依据。

2 实验

2.1 试样制备

试验所用的 DNTF 和 DNAN 均为 204 所公斤级试制品,纯度均在 99% 以上。按照表 1 所列 DNTF/DNAN 配比(1#, 2#, 3#),称量 DNTF 和 DNAN,放入夹套锅内融化混合均匀后制成药柱或药粉。

2.2 试验条件

(1) 冲击波感度: 采用 204 所企标 Q/AY153 -

90,主发装药为压装 A-IX-I 炸药(RDX/蜡 95/5),规格为 $\Phi 40$ mm \times 90 mm 的药柱,每个样品至少进行 7 组试验。隔板采用标准铝隔板,验证板为厚度 25 mm 的普通钢,用板痕来判定被发炸药是否爆轰。

(2) 试验仪器: 红外光谱, NEXUS870 型傅里叶变换红外光谱仪; X 射线衍射, D/MAX-2400 型 X 射线衍射仪; 扫描电镜, JSM-5800 扫描电镜。

3 试验结果及讨论

3.1 DNTF/DNAN 共熔物冲击波感度

单质炸药 DNTF、DNAN、梯恩梯(TNT)及 DNTF 与 DNAN 的混合物冲击波感度见表 1。

表 1 不同比例 DNTF/DNAN 冲击波感度对比

Table 1 Sensitivity to shock of DNTF/DNAN mixture

No.	explosive	δ_{50} /mm
1#	DNTF/DNAN(90/10)	74.30
2#	DNTF/DNAN(80/20)	64.00
3#	DNTF/DNAN(70/30)	58.32
4#	DNTF	89.56
5#	DNAN	29.76
6#	TNT	42.50

由表 1 可知,相同试验条件下, DNAN 的隔板值(29.76 mm)较 TNT 的(42.50 mm)小,说明 DNAN 的冲击波感度比 TNT 还低,由此可知 DNAN 对 DNTF 能够降感。随着 DNAN 含量的增加(3#, 2#, 1#)隔板值逐渐减小,即冲击波感度降低,但与 TNT 仍有相当

收稿日期: 2009-11-16; 修回日期: 2009-12-30

作者简介: 王浩(1978-),男,工程师,硕士研究生,主要从事混合炸药配方及工艺研究。e-mail: kulackn@163.com

差距。作为高能量密度炸药,应尽量发挥高能量的优势,因此,DNAN 只能作为添加剂使用,但其加入量会影响到对 DNTF 的降感效果。当 DNTF/DNAN 共熔物作熔铸炸药载体时,还可以加入冲击波感度较低的其他高能炸药以及钝感剂,来解决 DNTF 冲击波感度高的问题,同时保证混合炸药的能量。

3.2 DNTF/DNAN 共熔物红外光谱研究

DNTF、DNAN 及 DNTF/DNAN 共熔物(1[#],2[#],3[#])的红外光谱如图 1 所示,由图 1 可以发现,主要有以下变化:(1) DNTF 的吸收峰基本没变化;(2) DNAN 的 1490 峰逐渐变强,但 920、1184、1523 三个特征峰消失;(3) 不同比例 DNTF/DNAN(1[#],2[#],3[#])吸收峰无变化。从图 1 可以看到,由于 DNTF 在形成共熔物中过量,其特征峰没有变化;而 DNAN 由于与 DNTF 形成了共熔物,其特征峰部分消失。红外光谱研究表明,在 DNAN 和 DNTF 形成共熔物(DNAN 含量低的情况下)过程中,只存在 DNTF 和共熔物两种晶体状态。

3.3 DNTF/DNAN 共熔物晶面间距

采用熔铸工艺制作 DNTF、DNAN、及 1[#]、2[#]、3[#] 的药粉,经 X 射线衍射,得到晶面间距与衍射强度的关系。DNTF、DNAN、1[#]、2[#] 和 3[#] 的 X 射线衍射图如图 2 所示。对图 2 进行处理,可以得到衍射角(2θ)、半峰宽(FWHM)、晶面间距(d)、衍射绝对强度(Intensity)、相对强度 I/I_0 等参数。经过统计得到晶面间距的变化情况,见表 2。将相对强度为 100% 时的晶面间距称为平均晶面间距(d_{ave}),晶面间距最大时称为极限晶面间距(d_{max}),并统计相对强度大于 10% 的晶面间距个数(N_1),统计晶面间距大于平均晶面间距时,相对强度大于 10% 的晶面间距个数(N_2)。

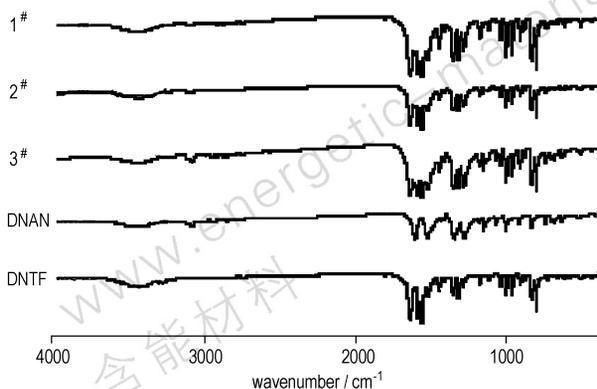


图 1 DNTF、DNAN 及 DNTF/DNAN 共熔物(1[#],2[#],3[#])的红外光谱
Fig.1 IR spectra of DNTF, DNAN and DNTF/DNAN co-melt explosive

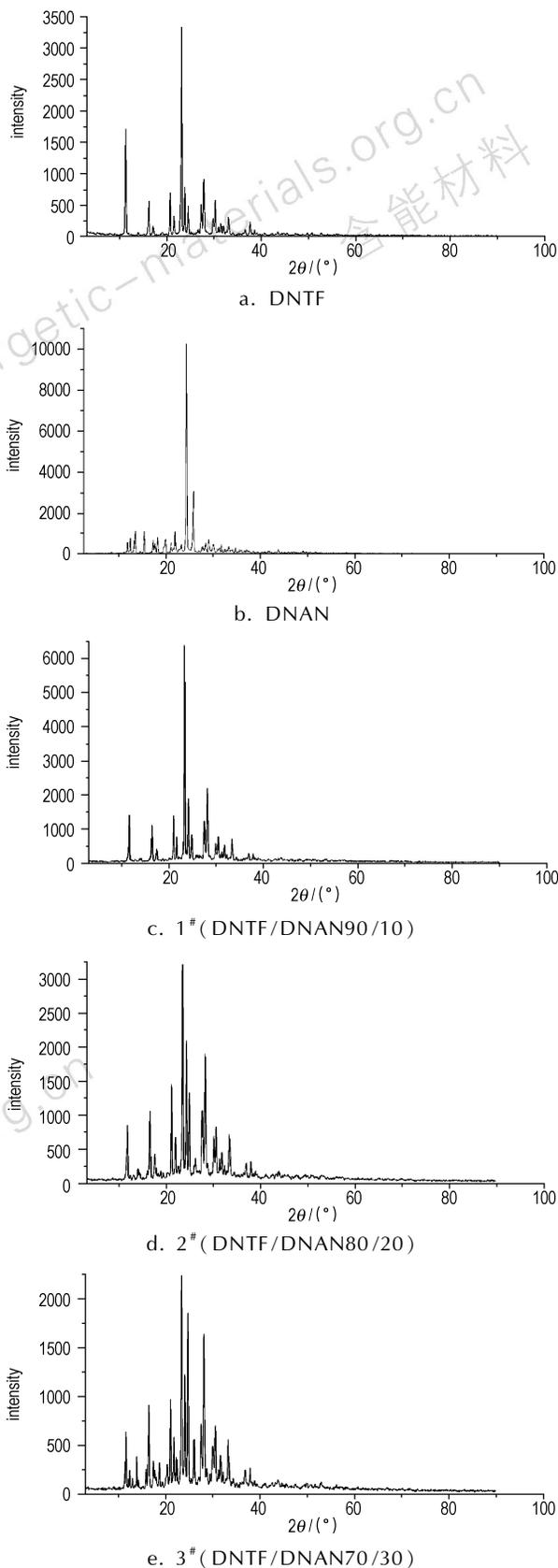


图 2 DNTF、DNAN 及 DNTF/DNAN 共熔物的 X 射线衍射图
Fig.2 X-ray diffractions of DNTF, DNAN and DNTF/DNAN co-melt explosive

从表 2 中可以看出 DNTF 的平均晶面间距最大, DNAN 最小, 不同比例的共熔物基本相同; 而比较极限晶面间距时, DNTF 的相对强度最大为 44%, 而 DNAN 仅为 1%, 其它共熔物为 20% ~ 23%; N_1 和 N_2 的个数则反映了晶面间距的分布情况, 从表 2 中可以看出 DNAN 晶面间距最集中, DNTF 次之, 共熔物中随着 DNAN 的增加, 晶面间距的分散性增大。

表 2 DNTF/DNAN 共熔物晶面间距变化

Table 2 Transformation of space between DNTF/DNAN co-melt explosive crystal

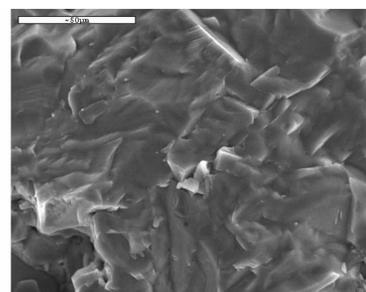
item	d_{ave}	$d_{max}(I/I_0)$	N_1	N_2
DNTF	3.8438	7.8102(44%)	9	3
DNAN	3.5928	9.8176(1%)	2	0
1 [#]	3.8049	7.6092(20%)	10	4
2 [#]	3.7921	7.5962(23%)	14	5
3 [#]	3.8049	7.6354(23%)	17	7

文献[9]中采用 X 射线衍射对 DNTF 的单晶进行了分析, 晶体分析结果表明, DNTF 的单晶为正交晶系, 属 $P2_12_12_1$ 空间群, 晶体学参数为 $a = 1.0746$ nm, $b = 1.0599$ nm, $c = 0.6596$ nm; $V = 1.0702$ nm³; $Z = 4$; $D_c = 1.937$ g · cm⁻³; $\mu = 0.182$ mm⁻¹; $F(000) = 624$, 可见 DNTF 的三个五元环并不共平面, 而是三个环各成一个稳定的共轭体系, 分别处于不同的平面中, 在空间形成椅式结构。

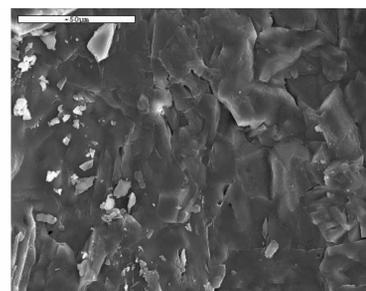
从表 2 的 DNTF/DNAN 共熔物晶面间距的比较以及文献[9]中对 DNTF 晶型的研究可以看出, DNTF 具有的椅式结构导致结晶内部晶面间距大的较多, DNAN 结晶内部晶面间距则比较集中。在加入 DNAN 后, DNTF 的极限晶面间距相对强度明显减少, 随着共熔物中 DNAN 含量逐渐增加, 晶面间距的分散性也随之增加。

3.4 DNTF/DNAN 共熔物晶体形貌

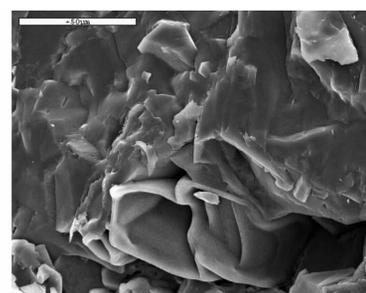
采用扫描电镜观察了 DNTF、DNAN 及其共熔物 (1[#], 2[#], 3[#]) 晶体形貌如图 3 所示。从图 3 中可以看出, DNTF 为规整的层状结晶, 而 DNAN 的结晶则不规整, 两者形成的共熔物中, DNTF/DNAN 的共熔物会包覆在 DNTF 结晶表面。从共熔物 (1[#], 2[#], 3[#]) 的晶体形貌可以看出, 当 DNAN 含量较大 (3[#]) 时, 会在结晶内部形成较大的共熔物空洞, 加入量为 20% (2[#]) 左右时综合性能较好, 在降低冲击波感度的同时改善了 DNTF 的结晶构造。



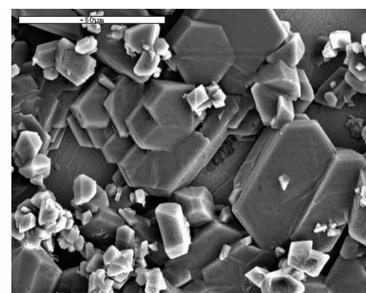
a. 1[#]



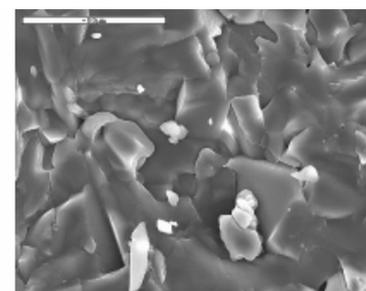
b. 2[#]



c. 3[#]



d. DNTF



e. DNAN

图 3 DNTF, DNAN 及 DNTF/DNAN 共熔物的晶体形貌

Fig. 3 Crystal shapes of DNTF, DNAN and DNTF/DNAN co-melt explosive

3.5 降感机理分析

DNTF/DNAN 共熔物相关性能的研究表明, DNTF 的晶面间距较大, 并且形成层状结晶, 当受到冲击波刺激时, 整个结晶在冲击波作用下容易在 DNTF 层状结晶结构的层间产生滑移, 产生摩擦和剪切作用, 容易发生反应, 说明 DNTF 对冲击波敏感; 当少量 DNAN 与 DNTF 形成共熔物而存在于样品中后, 形成的共熔物会包覆在 DNTF 结晶表面, 由于共熔物的感度相对较低, 在结晶滑移时产生的摩擦和剪切作用由于共熔物的存在而得到降低, 不易发生反应, 说明 DNAN 对 DNTF 可以降感。因此, 不同比例 DNTF/DNAN 共熔物的冲击波感度会随着 DNAN 含量的增加而降低, 但 DNAN 太多则会在结晶内部形成空洞, 这是 DNAN 在 DNTF 中过量收缩所致。

4 结论

(1) 加入 DNAN 能够有效降低 DNTF 的冲击波感度。

(2) 加入 20% 左右 DNAN 时综合性能较好, 在降低冲击波感度的同时改善了 DNTF 的结晶构造。

参考文献:

- [1] 周文静, 刘子如, 张皋, 等. DNTF 的非等温结晶研究(II)在 RDX 中的结晶动力学[J]. 含能材料, 2008, 16(1): 16-18.
ZHOU Wen-jing, LIU Zi-ru, ZHANG Gao, et al. Behavior of non-isothermal crystallization of DNTF (II): Crystallization kinetics in RDX, HMX[J]. *Chinese Journal of Energetic Materials (Hanneng Cailiao)*, 2008, 16(1): 16-18.
- [2] 王浩, 王亲会, 金大勇, 等. DNTF 基含硼和含铝炸药水下能量[J]. 火炸药学报, 2007, 30(6): 38-41.
WANG Hao, WANG Qin-hui, JIN Da-yong, et al. Underwater

energy of DNTF based boron-contained and aluminum-contained explosive[J]. *Chinese Journal of Explosives & Propellants*, 2007, 30(6): 38-41.

- [3] 王亲会. 一种新型熔铸炸药研究[J]. 含能材料, 2004, 12(1): 46-47.
WANG Qin-hui. A new melt-cast explosive formulation[J]. *Chinese Journal of Energetic Materials (Hanneng Cailiao)*, 2004, 12(1): 46-47.
- [4] 周文静, 覃光明, 张皋, 等. DNTF 的非等温结晶研究 I. 在 HMX 中的结晶动力学[J]. 含能材料, 2007, 15(6): 629-632.
ZHOU Wen-jing, QIN Guang-ming, ZHANG Gao, et al. Non-isothermal crystallization of DNTF I. Crystallization kinetics in HMX [J]. *Chinese Journal of Energetic Materials (Hanneng Cailiao)*, 2007, 15(6): 629-632.
- [5] 周文静, 张皋, 刘子如. DNTF、TNT 和 DNTF-TNT 低共熔物在 RDX 中的结晶动力学研究[J]. 含能材料, 2008, 16(3): 267-271.
ZHOU Wen-jing, ZHANG Gao, LIU Zi-ru. Kinetics of non-isothermal crystallizations of DNTF, TNT and DNTF-TNT eutectic system crystallization in RDX [J]. *Chinese Journal of Energetic Materials (Hanneng Cailiao)*, 2008, 16(3): 267-271.
- [6] 胡焕性, 张志忠. 高能量密度材料 3,4-二硝基呋咱基氧化呋咱性能及应用研究[J]. 兵工学报, 2004, 25(2): 156-158.
HU Huan-xing, ZHANG Zhi-zhong. A study on the properties and application of high energy density material DNTF [J]. *Acta Armamentarii*, 2004, 25(2): 156-158.
- [7] Phil J Davies, Arthur Provas. Characterisation of 2,4-dinitroanisole: An ingredient for use in low sensitivity melt cast formulations[R]. DSTO-TR-1904.
- [8] 郑伟, 王江宁. 3,4-二硝基呋咱基氧化呋咱 (DNTF) 的研究进展[J]. 含能材料, 2005, 14(6): 464-466.
ZHENG Wei, WANG Jiang-ning. Review on 3,4-bisnitrofurazan-furoxan (DNTF) [J]. *Chinese Journal of Energetic Materials (Hanneng Cailiao)*, 2005, 14(6): 464-466.
- [9] 周彦水, 张志忠, 李建康, 等. 3,4-二硝基呋咱基氧化呋咱的晶体结构[J]. 火炸药学报, 2005, 28(2): 43-46.
ZHOU Yan-shui, ZHANG Zhi-zhong, LI Jian-kang, et al. Crystal structure of 3,4-dinitrofurazan-furoxan [J]. *Chinese Journal of Explosives & Propellants*, 2005, 28(2): 43-46.

Shock Sensitivity of DNTF Reduced by Using DNAN

WANG Hao, WANG Qin-hui, HUANG Wen-bing, LUO Yi-ming, WANG Hong-xing

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

Abstract: Shock sensitivities of 3,4-dinitrofurazan-furoxan (DNTF), 2,4-dinitroanisole (DNAN), different proportion of DNTF and DNAN co-melt explosive were studied by shock sensitivity test, IR spectrum, X-ray diffraction and scan electron microscope methods. From the changing law of IR spectra, interplanar spacing, crystal form, the mechanism of shock sensitivity of DNTF reduced by DNAN was discussed. Results show that DNAN can decrease the shock sensitivity of DNTF. The DNTF/DNAN 80/20 co-melt explosive has good integrated performance between sensitivity to shock and crystal structure.

Key words: explosion mechanics; 3,4-dinitrofurazan-furoxan (DNTF); 2,4-dinitroanisole (DNAN); co-melt explosive; sensitivity to shock

CLC number: TJ55; O389

Document code: A

DOI: 10.3969/j.issn.1006-9941.2010.04.018