

文章编号: 1006-9941(2008)03-0244-03

含 DAAzF 的 HMX 基低感高能炸药研究

李玉斌, 黄 辉, 李金山, 李洪珍

(中国工程物理研究院化工材料研究所, 四川 绵阳 621900)

摘要: 采用钝感炸药 3,3'-二氨基-4,4'-偶氮呋咱(DAAzF)作为添加剂,设计了含 DAAzF 的奥克托今(HMX)基压装低感高能炸药配方,研究了配方的机械感度、冲击波感度、热安定性和爆轰性能。结果表明,细颗粒 DAAzF 能降低 HMX 的机械感度。在 HMX 基炸药中加入 5% 的 DAAzF,可以得到一类爆速 $8650 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 以上、撞击感度低至 0% 且热性能好的压装型低感高能炸药。

关键词: 材料科学; 高能炸药; 3,3'-二氨基-4,4'-偶氮呋咱(DAAzF); 奥克托今(HMX); 低感

中图分类号: TJ55

文献标识码: A

1 引 言

高能炸药 HMX 在实际应用时通常要加入少量的钝感剂来提高其安全性。含能钝感剂不仅能降低 HMX 的感度,还能减少配方中的能量损失。一种已实际应用的炸药 JOB-9003,就是在 HMX 中加入了含能钝感剂三氨基三硝基苯(TATB),使其具有了较好的安全性能、热性能及爆轰性能^[1]。

3,3'-二氨基-4,4'-偶氮呋咱(DAAzF)是一种新的高氮类低感度高能炸药,含氮量为 57.2%。作为一类性能独特的含能材料,DAAzF 的能量主要取决于分子本身所具有的高正生成焓,而不是一般炸药中 C—H 键的氧化断裂,同时由于化合物中的碳、氢含量相对较低,不仅提高了材料的密度,还容易调节氧平衡^[2]。据文献[3]报导,DAAzF 的爆轰能量接近于黑索今(RDX),但感度近似于 TATB,毒性小、原材料价廉易得,容易制备。最近,美国洛斯·阿拉莫斯科学研究所继俄罗斯之后合成了 DAAzF,国内李洪珍等人^[4]也已成功合成出 DAAzF。在 DAAzF 的应用研究方面,目前报道很少。

由于与其它材料相容性较好,可尝试用 DAAzF 部分取代压装炸药中的高能炸药 HMX 以得到安全性能较好的高能炸药。为此,本实验研究了含 DAAzF 的 HMX 基压装炸药配方的感度、热稳定性能、爆轰性能,并与 JOB-9003 炸药进行比较,初步评估了 DAAzF 在压装炸药中的应用可行性。

2 实 验

2.1 样品制备

在 HMX 基 PBX 中,分别加入 5% 的细颗粒 TATB、DAAzF 作为含能钝感剂制备造型粉 HTT-1、HDT-2 和 HDT-3;在含 DAAzF 的 HMX 基炸药中,加入含能增塑剂 A3 代替部分粘结剂,制备造型粉 HDT-4;另加入少量无机钝感剂石墨(G),制备造型粉 HDT-5。造型粉烘干后取样进行性能测试。各配方具体组成见表 1。

表 1 几种 HMX 基炸药的组成

Table 1 Compositions of several HMX-based PBX

explosive	compositions and contents of formulation/%
HTT-1	HMX 90 / fine TATB 5 / binder 5
HDT-2	HMX 90 / DAAzF 5 / binder 5
HDT-3	HMX 90 / fine DAAzF 5 / binder 5
HDT-4	HMX 90 / fine DAAzF 5 / binder and plasticizer 5
HDT-5	HMX 90 / fine DAAzF 5 / binder and plasticizer 4.8 / G 0.2

用模压法制备 $\Phi 20 \text{ mm} \times 20 \text{ mm}$ 药柱,压力 130 kN,温度 $80 \text{ }^\circ\text{C}$,该药柱用于爆轰性能测试。用模压法制备 $\Phi 10 \text{ mm} \times 10 \text{ mm}$ 药柱,压力 60 kN,温度 $80 \text{ }^\circ\text{C}$,药柱用于冲击波感度测试。

2.2 实验方法

机械感度测试:摩擦感度试验采用 GJB 772A-97 方法 602.1,仪器采用 WM-1 型摩擦感度仪;撞击感度试验采用 GJB772A-97 方法 601.1,采用卡斯特落锤仪。

冲击波感度测试:铝隔板法,以 HMX 基炸药作为主发药。用被测样品产生 50% 概率爆轰的隔板厚度(即临界隔板厚度 L_{50})来表示受试炸药的冲击波感度。

爆速与爆压测试:板痕法。测试板痕试验中的爆速(电离探针法)和在见证钢板上爆炸产生的凹坑深

收稿日期: 2007-08-13; 修回日期: 2008-01-07

基金项目: 中国工程物理研究院重大基金资助项目(2004Z0503)

作者简介: 李玉斌(1974-),男,助研,主要从事混合炸药配方及性能研究工作。e-mail: Liyubin_caep@sina.com.cn

度,经计算得到爆压。

颗粒形貌表征:分别用KYKY-2800型,Leo440型扫描电镜(SEM)来观察DAAzF细化前后的颗粒形貌。

热安定性表征:分别采用真空安定性试验(VST)和差示扫描量热(DSC)来表征含DAAzF的HMX基复合炸药的热安定性。VST试验采用GJB772A-97中的方法501-1,装置自制,试验条件为 $(120.0 \pm 0.5)^\circ\text{C}$,48 h,评定标准为放气量 $< 10 \text{ mL} \cdot 5 \text{ g}^{-1}$ 为热安定性良好。DSC分析的升温速率为 $10 \text{ }^\circ\text{C} \cdot \text{min}^{-1}$,仪器采用美国PE公司的DSC-2型差示扫描量热仪。

3 结果与讨论

3.1 含DAAzF的HMX基炸药的感度

3.1.1 含DAAzF的HMX基炸药的机械感度

为研究DAAzF对HMX基炸药机械感度的影响,实验选用了对HMX降感效果较好的TATB作比较。含添加剂的HMX基压装炸药造型粉的撞击和摩擦感度的测试结果列于表2。可以发现,HMX基炸药中加入DAAzF(配方HDT-2)的钝感效果和加入细颗粒TATB(配方HTT-1)的效果基本相当,这说明DAAzF能降低HMX的机械感度。

表2 添加剂对HMX基炸药的机械感度的影响

Table 2 Effect of additives on friction and impact sensitivity of HMX-based PBX

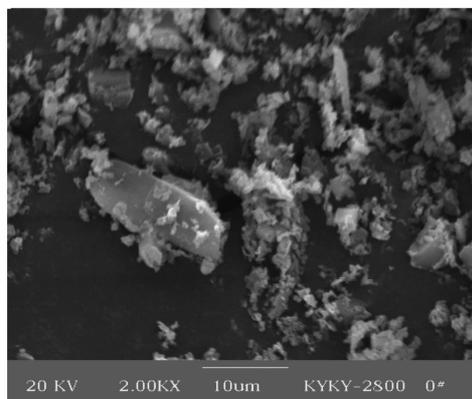
explosive	impact sensitivity/%	friction sensitivity/%
HTT-1	56	44
HDT-2	60	68
HDT-3	48	20
HDT-4	20	24
HDT-5	0	16
JOB-9003	4	5

为进一步降低含DAAzF的HMX基炸药的感度,将DAAzF的颗粒细化,细化前后的扫描电镜照片如图1所示。细化前后DAAzF对HMX基炸药感度的影响见表2。

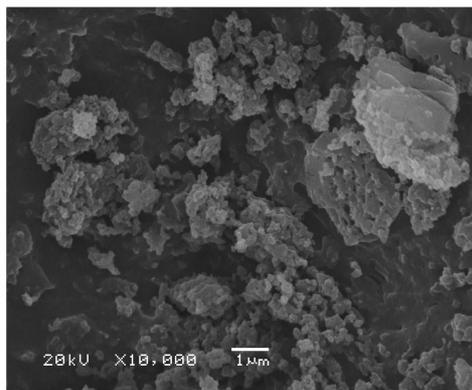
由图1可见,细化前的DAAzF(见图1a)颗粒较大,细化后DAAzF为纳米级的细颗粒,有聚集,使用前需分散处理。表2的数据表明,作为含能的钝感剂,DAAzF在颗粒细化后,显著降低了HMX基炸药(HDT-3)的机械感度。这是因为DAAzF在颗粒度变小后,能更好地包覆在HMX外面,减少了HMX受到机械刺激的机率,从而降低了HMX基炸药的反应程度。

在含细颗粒DAAzF的配方HDT-3的基础上,通过加入含能增塑剂取代部分粘结剂,配方HDT-4的撞

击感度进一步降低为20%。这是因为增塑剂使HMX颗粒外的钝感包覆层变得更软,能减轻撞击对HMX颗粒的作用强度,从而降低了反应程度。



a. DAAzF



b. fine DAAzF

图1 DAAzF及细化后的SEM照片

Fig. 1 SEM photographs of DAAzF and fine DAAzF

由于石墨具有良好的润滑作用,加入少量的石墨钝感剂后,配方HDT-5的机械感度能降得更低,摩擦感度降到了16%,而撞击感度则降至0%。含超细DAAzF的HMX基炸药HDT-5在撞击和摩擦方面的安全性能基本与JOB-9003^[1]相当。

3.1.2 含DAAzF的HMX基压装炸药的冲击波感度

含DAAzF的HMX基压装炸药的小隔板试验结果见表3。由于实验条件下的主发药柱与文献[1]中的主发药柱不相同,为增强与JOB-9003炸药的可比性,表3中同时列出两种炸药在同一种HMX基主发药作用下的临界隔板厚度测试值。由表3可以看出,在药柱空隙率稍大的情况下,HDT-5的隔板厚度的绝对值仅比JOB-9003大0.3 mm。

3.2 含DAAzF的HMX基炸药热安定性能

含DAAzF的HMX基压装炸药的热安定性测试结

果列于表4。由表4可以看出,含DAAzF的HMX基配方的真空热安定性和DSC分解峰与JOB-9003接近。这表明,含DAAzF的HMX基炸药具有与JOB-9003^[1]相当的热安定性。

表3 冲击波感度试验结果

Table 3 GAP test of HMX-based PBX

acceptor	$\rho_{\text{acceptor}}/\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$	air-voids of acceptor/%	L_{50}/mm
HDT-5	1.800	2.91	8.2
JOB-9003	1.845	1.54	7.9

表4 含DAAzF的HMX基炸药的热性能

Table 4 Thermal properties of HMX-based PBX containing DAAzF

explosive	$V_{\text{VST}}/\text{mL} \cdot 5\text{g}^{-1}$	DSC on set / °C
HDT-4	0.48	280.3
HDT-5	0.41	280.7
JOB-9003	0.47	279.5

3.3 含DAAzF的HMX基压装炸药的爆轰性能

表5是含DAAzF的HMX基的压装配方的爆轰性能测试结果。表中的数据反映出,配方HDT-5的爆速与JOB-9003^[1]接近,爆压低于2 GPa。

表5 爆轰性能试验结果

Table 5 Test results of detonation performance of HMX-based PBX

explosive	$\rho_{\text{TMD}}/\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$	$\rho/\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$	$\rho/\rho_{\text{TMD}}/\%$	$D/\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$	P_{CJ}/GPa
HDT-5	1.841	1.809	98.26	8654	32.8
JOB-9003	1.874	1.849	98.67	8682	34.9

HMX-based Low-sensitive High Explosives Containing DAAzF

LI Yu-bin, HUANG Hui, LI Jin-shan, LI Hong-zhen

(Institute of Chemical Materials, CAEP, Mianyang 621900, China)

Abstract: Low-sensitive high energetic formulations based on HMX were designed by using diaminoazofurazan (DAAzF) as additive. The safety, heat resistance stability and detonation property of formulations were studied by sensitivity test, gap test, DSC, VST and plate dent test. Results show that the addition of fine DAAzF decrease the sensitivity of HMX. By adding 5% DAAzF into HMX based pressing explosives, a low-sensitive high energetic composites is obtained. Its detonation velocity is above $8650 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ and its impact sensitivity is 0%.

Key words: materials science; high energetic explosive; diaminoazofurazan(DAAzF); HMX; low-sensitive

4 结论

在压装炸药中,添加高氮含能材料DAAzF能有效降低HMX基配方的感度,而且还能保持高能的特征。在HMX基炸药中加入含5%的DAAzF作为含能钝感剂,可得到撞击感度为0%、摩擦感度为16%、爆速达 $8600 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 以上、热安定性好的压装型低感高能炸药配方。

致谢:衷心感谢中国工程物理研究院化工材料研究所感度测试岗位、热分析岗位和爆轰性能测试岗位的同仁们在测试中给予的帮助!

参考文献:

- [1] 董海山. 炸药及相关物性能[M]. 绵阳: 中国工程物理研究院, 1989.
- [2] 岳守体, 阳世清. 3,6-双(1-氢-1,2,3,4-四唑-5-氨基)-1,2,4,5-四嗪的合成及其性能[J]. 含能材料, 2004, 12(3): 155-157.
YUE Shou-ti, YANG Shi-qing. Synthesis and properties of 3,6-bis(1H-1,2,3,4-tetrazol-5-yl-amino)-1,2,4,5-tetrazine [J]. *Chinese Journal of Energetic Materials (Hanneng Cailiao)*, 2004, 12(3): 155-157.
- [3] Michael A Hiskey, et al. Use of 3,3'-diamino-4,4'-azoxyfurazan and 3,3'-diamino-4,4'-azofurazan as insensitive high explosive materials [P]. USP 6358339, 2002.
- [4] 李洪珍, 黄明, 黄奕刚, 等. 3,3'-二氨基-4,4'-偶氮呋唑及其氧化偶氮呋唑的研究进展[J]. 含能材料, 2005, 13(3): 192-195.
LI Hong-zhen, HUANG Ming, HUANG Yi-gang, et al. Progress in diaminoazofurazan and diaminoazoxyfurazan [J]. *Chinese Journal of Energetic Materials (Hanneng Cailiao)*, 2005, 13(3): 192-195.