

文章编号: 1006-9941(2017)04-0326-07

高聚物添加剂对 B 炸药撞击感度和作功能力的影响

高大元^{1,2}, 郑保辉¹, 黄亨建^{1,2}, 曹落霞^{1,2}, 曹威^{1,2}, 文尚刚^{1,2}, 文雯^{1,2}, 卢校军^{1,2}

(1. 中国工程物理研究院化工材料研究所, 四川 绵阳 621999; 2. 中国工程物理研究院安全弹药研发中心, 四川 绵阳 621999)

摘要: 为研究添加剂对 B 炸药撞击感度和作功能力的影响, 分别添加 123 树脂、聚酯纤维和热塑性弹性体 VP-401 制备改性 B 炸药。进行了样品的大药片撞击感度试验、苏珊试验和圆筒试验, 获得改性 B 炸药的撞击感度和作功能力变化。讨论了压缩弹性和韧性对改性 B 炸药撞击感度的影响, 以及添加剂含量对作功能力的影响。结果表明, 加入 1% 的 123 树脂能显著改善 B 炸药压缩和拉伸的弹性及韧性, 其爆炸反应阈值高度提高了 3 m, 撞击感度明显降低。加入 123 树脂的改性 B 炸药仍属于强度较低的炸药, 在苏珊弹撞靶至破碎炸药爆炸前的几百微秒范围内, 炸药随壳体发生塑性变形过程中已发生破碎, 其破碎程度严重影响炸药的爆炸百分数, 即相对释放能。与 B 炸药的作功能力比较, 径向膨胀距离 5 mm 和 19 mm 处, 添加 1% 123 树脂的 B 炸药的作功能力分别降低了 4.6% 和 1.24%。

关键词: 改性 B 炸药; 添加剂; 改性机理; 撞击感度; 作功能力**中图分类号:** TJ55; TQ560**文献标志码:** A**DOI:** 10.11943/j.issn.1006-9941.2017.04.010

1 引言

由三硝基甲苯(TNT)作载体, 以高能炸药如黑索今(RDX)、奥克托今(HMX)、硝基胍(NQ)、AI 等作固体填料, 通过调节各组分的相对含量可制成能量和用途不同的熔铸炸药。B 炸药(TNT/RDX=35/65, 少量添加剂)是弹药装药中非常重要的一类炸药^[1-2]。TNT 为层状结构, 分子间没有氢键, 只有较弱的范德华力作用, 压缩模量和压缩强度较低^[3-4]。因此, 以 TNT 为主要成分的 B 炸药力学性能较差, 压缩强度大约 10 MPa, 拉伸强度小于 2 MPa, 延伸率小于 0.1%, 属于低强度脆性含能材料^[1], 限制了其在高性能武器系统中的应用。在 B 炸药的改性研究中, 本项目组^[5-8]研究了聚叠氮缩甘油醚(GAP)基聚氨酯、端羟基聚丁二烯(HTPB)基聚氨酯、聚酯纤维、纳米橡胶微粉、季戊四醇和丙稀醛缩合的热固树脂(123 树脂)的结构特征、添加量、固化深度、添加方式等因素对其韧性、弹性以及力学性能、安全性和爆轰性能的影响。结果表明, 改性效果较好的添加剂为 123 树脂、聚酯

纤维和热塑性弹性体 VP-401。为进一步研究添加剂对 B 炸药撞击感度和作功能力的影响, 制备了几种改性效果较佳的 B 炸药配方, 进行了较大尺寸样品的安全性试验和爆轰性能试验, 包括大药片撞击感度试验、苏珊试验和圆筒试验, 获得改性 B 炸药的撞击感度和作功能力变化, 探讨压缩弹性和韧性对改性 B 炸药撞击感度的影响, 以及添加剂含量对作功能力的影响, 以为验证改性 B 炸药配方提供更多的理论和试验依据。

2 试验部分

2.1 样品制备

在 B 炸药(RDX/TNT = 65/35)中分别添加 1% 的热固 123 树脂、0.4% 聚酯纤维和 0.4% VP-401, 制成改性 B 炸药, 具体配方见表 1。先浇注成型为大药柱, 然后分别加工成 $\Phi 20$ mm \times 10 mm 药片、 $\Phi 25$ mm \times 25 mm 和 $\Phi 50$ mm \times 100 mm 药柱, 用于大药片撞击感度试验、圆筒试验和苏珊试验。

2.2 大药片撞击感度试验

试验样品为 $\Phi 20$ mm \times 10 mm 药片, 药量约 5 g, 放入聚四氟乙烯惰性环中, 然后装入落锤底部的样品池内, 样品装置见图 1。大药片落锤撞击试验中的落锤主要由锤体、击砧、样品池和撞针等组成, 重约 20 kg, 落高范围 1~12 m, 示意图见图 2。

收稿日期: 2016-10-03; 修回日期: 2016-11-24

基金项目: 国家自然科学基金——中国工程物理研究院联合基金(NSAF 11076002)

作者简介: 高大元(1962-), 男, 副研究员, 博士, 研究方向为含能材料的热分析、爆轰和安全性能。e-mail: gaody466@163.com

表 1 B 炸药和改性 B 炸药配方

Table 1 Formulation of Comp. B and modified Comp. B

explosive	composition	mass fraction of additive	appearance	$\rho/\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$
Comp. B		-	yellow	1.714
NSAF-3	TNT/RDX=35/65	123 resin, 1%	yellow	1.717
NSAF-5		polyesterfibre, 0.4%	yellow	1.712
NSAF-7		VP-401, 0.4%	purple	1.713



图 1 大药片炸药样品装置

Fig. 1 Device of big-bill explosive sample

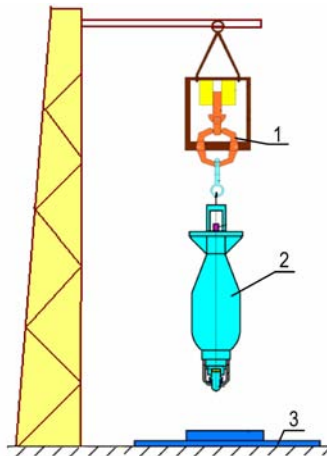


图 2 落锤撞击试验示意图

1—释放装置, 2—落锤, 3—钢靶

Fig. 2 Configuration of drop hammer impact test

1—release set, 2—drop hammer, 3—steel target

用高速相机拍摄跌落过程, 观察落锤撞击着靶发生点火到爆燃的过程。用 2 支距撞击点 1 m 的冲击波压力传感器测量炸药反应产生的冲击波超压, 分析炸药爆炸反应的程。用上下法调整跌落高度, 检测炸药发生爆炸反应的区间和概率, 获得炸药的爆炸反应阈值高度, 从而评价炸药的撞击感度和安全性^[9]。

2.3 苏珊试验

将 $\phi 50 \text{ mm} \times 100 \text{ mm}$ NSAF-3 炸药柱装入苏珊试验弹中, 样品照片见图 3。用空气炮(速度 $< 270 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$)将

弹丸发射出炮口, 撞击正前方的靶板。弹丸撞靶后, 顶端铝帽发生破裂, 弹内装药受到冲击、挤压及摩擦等因素的作用, 结果可导致点火、甚至成长为爆轰。通过测量弹丸的飞行速度、着靶过程和冲击波超压, 获得苏珊感度曲线, 综合分析和评价炸药的射弹撞击感度^[10]。



a. explosive cylinder cased in Al cap



b. Susan bomb

图 3 苏珊试验样品

Fig. 3 Samples used in the Susan test

2.4 圆筒试验

$\phi 25 \text{ mm} \times 25 \text{ mm}$ NSAF-3 炸药的圆筒试验装配照片见图 4。示波器 TDS-520 型, 分辨率 8bit, 采样速度 $1 \times 10^8 \text{ s}^{-1}$, 记录时间大于 $10 \mu\text{s}$; 高速转镜式相机 SJZ-15 型, 扫描速度 $3.00 \text{ mm} \cdot \mu\text{s}^{-1}$ 。试验时, 用电探针和示波器测量爆速; 用高速转镜式相机测定圆筒 2/3 处径向膨胀距离与时间的变化关系, 用式(1)^[11]拟合测试数据。

$$t = a_1 + a_2(R - R_0) + a_3 e^{a_4(R - R_0)} \quad (1)$$

式中, t 为圆筒壁膨胀的时间, μs ; a_1 、 a_2 、 a_3 、 a_4 为待定系数; R 为圆筒外壁距圆筒中心轴线的距离, mm ; R_0 为圆筒外壁距圆筒中心轴线的初始距离, mm 。用公

式组(2)计算圆筒径向不同膨胀距离的壁速度和比动能^[11]。

$$\begin{cases} U = \frac{1}{a_2 + a_3 a_4 e^{a_4(R-R_0)}} \\ E = \frac{1}{2} U^2 \end{cases} \quad (2)$$

式中, U 为圆筒壁的速度, $\text{mm} \cdot \mu\text{s}^{-1}$; E 为圆筒壁的比动能, $\text{kJ} \cdot \text{g}^{-1}$ 。

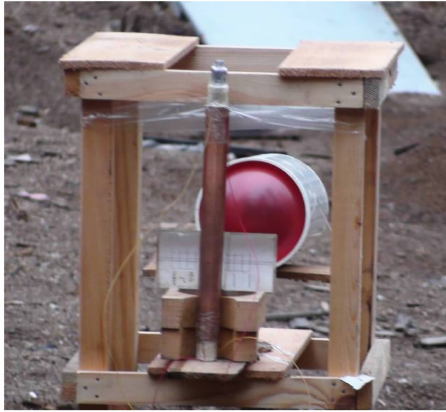


图4 $\Phi 25 \text{ mm} \times 25 \text{ mm}$ 圆筒试验装置照片

Fig. 4 Photograph of the $\Phi 25 \text{ mm} \times 25 \text{ mm}$ cylinder test set-up

3 结果与讨论

3.1 改性剂对 B 炸药撞击感度的影响

用嵌入压力计的方法,测试了 $\Phi 20 \text{ mm} \times 10 \text{ mm}$ Comp. B 撞击试验中的受力状况,其典型撞击压力曲线见图5。图中横坐标 0 时刻为弹头接触靶针的时刻。

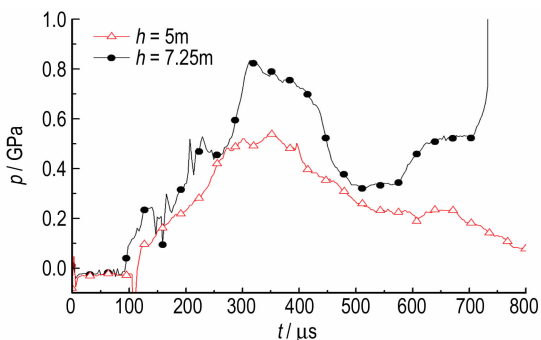


图5 B 炸药典型撞击压力曲线

Fig. 5 Typical impact pressure profiles of Comp. B

从图5可知,对 $\Phi 20 \text{ mm} \times 10 \text{ mm}$ B 炸药,落高 5 m 时,炸药最大受力达到约 0.5 GPa,然后逐渐降低,

压力作用时间达到约 700 μs ,表明此时炸药未发生反应;落高 7.25 m 时,撞击后炸药受力达到约 0.30 GPa,然后压力持续增长,最高达到约 0.80 GPa,表明 B 炸药发生了反应。即,需要一定的阈值高度,B 炸药跌落撞靶才能发生爆燃反应。

对 Comp. B 和改性 B 炸药 (NSAF-3、NSAF-5 和 NSAF-7) 进行了大药片撞击感度试验,在阈值高度附近落锤跌落着靶瞬间以及收集残骸照片见图6,试验汇总结果见表2。



a. deflagration



b. scrap after deflagration



c. no reaction



d. unreactive scrap

图6 改性 B 炸药撞靶和残骸照片

Fig. 6 Photographs of modified Comp. B after impact on target and scrap

表 2 4 种炸药的大药片落锤撞击试验结果

Table 2 Results of big-bill drop hammer impact test for four explosive samples

explosive	results				H /m
Comp. B	5 m, deflagration(20.74)	4.5 m, deflagration(20.63)	4 m, no reaction	3 m, no reaction	4~4.5
NSAF-3	8.0 m, deflagration(22.82)	7.5 m, deflagration(19.51)	7 m, no reaction	6 m, no reaction	7~7.5
NSAF-5	7.0 m, deflagration(18.65)	6.0 m, deflagration(16.34)	5.5 m, no reaction	5 m, no reaction	5.5~6.0
NSAF-7	6.5 m, deflagration(17.28)	6.0 m, deflagration(16.21)	5.5 m, no reaction	5 m, no reaction	5.5~6.0

Note: The data in brackets are overpressure of shock wave; H is the threshold of deflagration reaction.

从表 2 可知,跌落高度大于爆炸反应阈值时,冲击波超压随跌落高度的上升而增加。B 炸药的爆炸反应阈值为 4~4.5 m。NSAF-3, NSAF-5, NSAF-7 爆炸反应阈值分别提高了 1.5, 1.5 m 和 3 m, 表明改性 B 炸药的撞击感度降低, 安全性提高。但是, 三种添加剂对 B 炸药的改性机理和效果有所不同。

NSAF-5 炸药用 0.4% 聚酯纤维改性。因为聚酯纤维属于半刚性的有机纤维, 具有较高的弹性模量和强度, 作为固相填料均匀分散到 B 炸药体系中, 以单根纤维、小束纤维及大束纤维等多种形式存在, 成为改性 B 炸药体系的共同支柱而起增强压缩弹性和韧性作用。NSAF-7 炸药用 0.4% VP-401 改性。因为 VP-401 是由丙烯腈与丁二烯共聚形成的网状非晶态化合物, 虽然不能与 TNT 互溶, 但作为固相填料能均匀分散到 B 炸药体系中。同时, VP-401 分子与 TNT 和 RDX 分子间均有较强的氢键作用, 改善了 TNT 晶体与 RDX 晶体之间的界面作用, 增强改性 B 炸药的弹性和韧性。NSAF-3 炸药用 1.0% 123 树脂改性。这是因为 123 树脂为季戊四醇和丙稀醛缩合成的粘稠状预聚物, 与 TNT 能部分互溶, 比较均匀地分散于 TNT/RDX 体系, 对感度较高的 RDX 颗粒起到良好的包覆作用。123 树脂分子与 TNT 和 RDX 分子间均有较强的氢键作用, 123 树脂的固化反应是不饱和双键打开进行交联, 固化后在多相体系间形成笼状结构^[12]。上述 123 树脂的综合作用, 能显著改善 B 炸药压缩和拉伸的弹性及韧性。

大药片落锤撞击受力和点火分为两个过程。首先是力学加载过程, 其次是热点形成和爆炸反应过程, 即化学反应过程。若改性 B 炸药的弹性和韧性得到改善, 那么需要更大的机械能才能使药片产生缺陷和损伤, 进而形成“热点”并发展为爆炸反应, 即爆炸阈值增加, 因此, 改性 B 炸药的撞击感度降低, 安全性提高。

3.2 NSAF-3 炸药的苏珊感度

对 123 树脂改性的 B 炸药 (NSAF-3) 进行了一组 6 发的苏珊试验, 部分试验残骸照片见图 7, 试验汇总

结果见表 3。以撞靶速度 v 为横坐标, 撞靶后的 TNT 当量为纵坐标, 绘制苏珊感度曲线见图 8。

a. 1#, $v=258 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ b. 4#, $v=148 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ c. 6#, $v=57 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

图 7 NSAF-3 苏珊试验残骸照片

Fig. 7 Photographs of unreactive scrap after Susan test for NSAF-3 explosive

苏珊感度试验中, 苏珊弹撞靶的动态反作用力为 0.5~1.5 GPa。除撞击速度外, 样品的弹性和韧性、均匀性、损伤和破碎程度均影响试验结果。文献[13]报道, PBX-6 炸药在弹速 $125 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 的苏珊试验中, 铝壳发生了较大变形, 炸药随铝壳发生塑性流动, 已发生

了部分损伤和破碎,其破碎程度与 PBX-6 炸药的弹性和韧性密切相关。延迟时间大约 450 μs 时,PBX-6 炸药才发生点火爆炸。

表 3 NSAF-3 炸药的苏珊试验结果

Table 3 Results of Susan tests for NSAF-3 explosive

No.	m /g	v / $m \cdot s^{-1}$	Δp /kPa	TNT equivalence/g	η /%
1 [#]	338.5	258	53.3	230	58.2
2 [#]	338.0	207	51.7	215	54.4
3 [#]	339.0	171	31.1	85	21.5
4 [#]	337.0	148	38.3	124	31.5
5 [#]	338.5	102	67.1	350	88.5
6 [#]	338.0	57	64.2	322	81.5

Note: m is the mass; V is the velocity of impact on target; Δp is the overpressure of shock wave; η is the relative energy release.

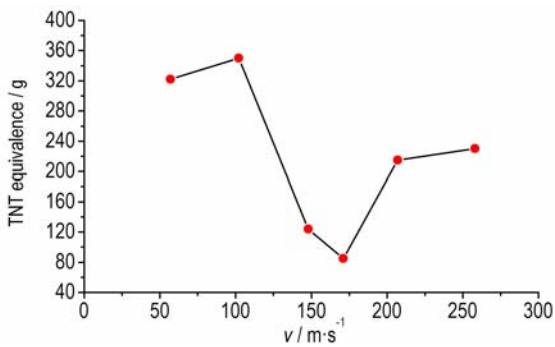


图 8 NSAF-3 炸药的苏珊感度曲线

Fig. 8 Curve of Susan sensitivities for NSAF-3 explosive

TNT 的压缩和拉伸强度较低^[14]是熔铸炸药脆性的本质原因。虽然加入 1% 的 123 树脂能改善炸药的弹性和韧性,但是仍属于强度较低的炸药。苏珊弹撞靶至爆炸前的几百微秒范围内,熔铸炸药随壳体发生塑性变形过程中已发生破碎,其破碎程度严重影响熔铸炸药的爆炸百分数,即相对释放能。在本研究开展的一组苏珊感度试验中,试验样品 5[#]和 6[#]出现了弹速小而相对释放能较大的现象。这是因为弹速小时,NSAF-3 炸药随壳体发生塑性变形中破碎程度小,使爆燃反应能维持较长时间,参与反应的炸药比例增加,其相对释放能较大。但是,有关苏珊试验中弹速和炸药破碎程度对相对释放能的综合影响有待深入开展。

3.3 NSAF-3 炸药的作功能力

对 123 树脂改性 B 炸药 (NSAF-3) 进行了 3 发 $\phi 25$ mm 圆筒试验。同时,应用有限元动力学程序 LS-DYNA 对 NSAF-3 炸药的圆筒试验进行了数值模拟。高速相机获得铜管膨胀曲线的实验底片见图 9, NSAF-3 和 Comp. B 径向膨胀距离与壁速和比动能关

系的比较曲线分别见图 10 和图 11,实测用 VLW 程序计算的 NSAF-3 炸药的爆速见表 4,NSAF-3 与 Comp. B 作功能力比较结果见表 5。

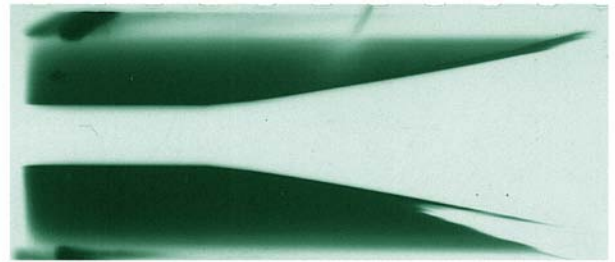


图 9 NSAF-3 炸药圆筒试验的铜管膨胀情况

Fig. 9 Cylinder wall expansion history of cylinder test for NSAF-3 explosive

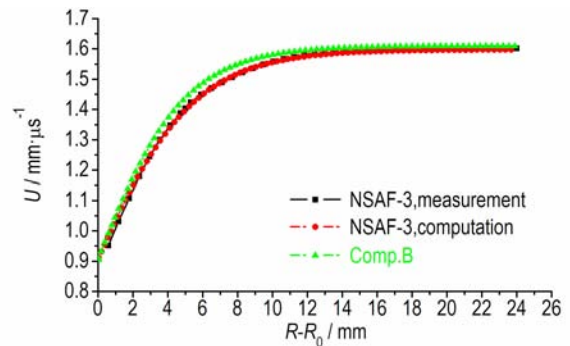


图 10 膨胀距离和壁速关系的比较曲线

Fig. 10 Comparison of the expansion distance and the cylinder wall velocity

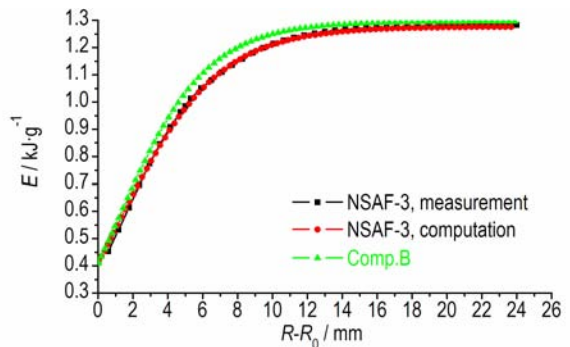


图 11 膨胀距离和比动能关系的比较曲线

Fig. 11 Comparison of the expansion distance and the specific kinetic energy

表 4 NSAF-3 炸药的爆速

Table 4 Detonation velocity for NSAF-3 explosive

explosive	p /GPa	D /mm · μs^{-1}			note
		1	2	3	
NSAF-3	-	7.968	7.966	7.966	7.967 measurement
	27.2			7.958	computation

Note: p is the detonation pressure, D is the detonation velocity.

表 5 NSAFA-3 炸药的作功能力比较

Table 5 Comparison of power capability for NSAFA-3 explosive

explosive	$R-R_0 = 5 \text{ mm}$				$R-R_0 = 19 \text{ mm}$				note
	U /mm · μs^{-1}	ΔU /mm · μs^{-1}	E /kJ · g^{-1}	ΔE /kJ · g^{-1}	U /mm · μs^{-1}	ΔU /mm · μs^{-1}	E /kJ · g^{-1}	ΔE /kJ · g^{-1}	
NSAFA-3	1.403	-0.033	0.985	-0.047	1.560	-0.049	1.278	-0.016	measurement
	1.397	-0.039	0.976	-0.056	1.596	-0.013	1.273	-0.021	computation
Comp. B	1.436	-	1.032	-	1.609	-	1.294	-	Ref. [1]

Note: U is the cylinder wall velocity; E is the specific kinetic energy.

圆筒试验结果(表 4)表明,3 次平行试验测得的爆速非常接近,平均值为 $7.967 \text{ mm} \cdot \mu\text{s}^{-1}$,与计算值吻合。由图 10 和图 11 可见,圆筒试验获得径向膨胀距离与壁速和比动能的关系曲线与有限元动力学程序 LS-DYNA 数值模拟结果比较吻合。与 B 炸药的作功能力比较,径向膨胀距离 5 mm 和 19 mm 处,添加 1% 的 123 树脂的 NSAFA-3 炸药的作功能力分别降低了 4.6% 和 1.24%。

4 结 论

(1) 大药片落锤撞击试验结果表明,B 炸药的爆炸反应阈值为 4 ~ 4.5 m,分别添加 0.4% 聚酯纤维、0.4% VP-401 和 1% 123 树脂改性后,其爆炸反应阈值分别提高了 1.5,1.5 m 和 3 m,表明改性 B 炸药的撞击感度降低,安全性提高。

(2) 苏珊感度试验的影响因素除撞击速度外,样品的弹性和韧性、均匀性、损伤和破碎程度均影响试验结果。苏珊弹撞靶至爆炸前的几百微秒范围内,NSAFA-3 炸药随壳体发生塑性变形过程中已发生破碎,其破碎程度严重影响 NSAFA-3 炸药的爆炸百分数,即相对释放能。

(3) 圆筒试验和数值模拟结果表明,添加 1% 123 树脂的 NSAFA-3 炸药随着密度、爆速和爆压的降低,作功能力稍微下降。与 B 炸药的作功能力比较,径向膨胀距离 5 mm 和 19 mm 处,添加 1% 123 树脂的 NSAFA-3 炸药的作功能力分别降低了 4.6% 和 1.24%。

参考文献:

- [1] 董海山,周芬芬. 高能炸药及其相关物性能[M]. 北京: 科学出版社,1989.
DONG Hai-shan, ZHOU Fen-fen. Performance of high explosives and correlates[M]. Beijing: Science Press, 1989.
- [2] 黄亨建,董海山,张明,等. 高聚物改性 B 炸药研究(II)[J]. 含能材料, 2005, 13(1): 7-9.
HUANG Heng-jian, DONG Hai-shan, ZHANG Ming, et al. Re-

search on modification of Composition B with polymers(II)[J]. *Chinese Journal of Energetic Materials(Hanneng Cailiao)*, 2005, 13(1): 7-9.

- [3] William Voigt H, Stanhope N J, Lawrence W Pell, et al. TNT composition containing a cellulosic resin which is free from oily exudation upon storage. USP 3706609[P], 1972.
- [4] 徐瑞娟,罗宏,王新锋. 改性 B 炸药中添加剂的作用机理[J]. 火炸药学报, 2003, 26(2): 5-7.
XU Rui-juan, LUO Hong, WANG Xin-feng. Effect of additives on the modified Composition B[J]. *Chinese Journal of Explosives & Propellants*, 2003, 26(2): 5-7.
- [5] 高大元,文雯,舒远杰. 热塑性弹性体改性 B 炸药的性能研究[J]. 含能材料, 2012, 20(5): 534-540.
GAO Da-yuan, WEN Wen, SHU Yuan-jie. Performance of Modified Composition B with thermoplastic elastomer[J]. *Chinese Journal of Energetic Materials(Hanneng Cailiao)*, 2012, 20(5): 534-540.
- [6] SHU Yuan-jie, MA Qing, LUO Guan, et al. Mechanical properties study of toughened and modified melt-cast TNT based explosive formulations for anti-cracks and brittleness[C]//Proceedings of the 16th Seminar on New Trends in Research of Energetic Materials, Pardubice, Czech Republic, 2013: 331-339.
- [7] 马卿,舒远杰,罗观,等. TNT 基熔铸炸药: 增韧增弹的途径及作用[J]. 含能材料, 2012, 20(5): 618-629.
MA Qing, SHU Yuan-jie, LUO Guan, et al. Toughening and elasticizing route of TNT based melt cast explosives[J]. *Chinese Journal of Energetic Materials(Hanneng Cailiao)*, 2012, 20(5): 618-629.
- [8] 高大元,蓝林钢,温茂萍,等. 改性 B 炸药的力学性能[J]. 含能材料, 2014, 22(3): 359-364.
GAO Da-yuan, LAN Lin-gang, WEN Mao-ping, et al. Mechanical properties of modified Composition B[J]. *Chinese Journal of Energetic Materials(Hanneng Cailiao)*, 2014, 22(3): 359-364.
- [9] 代晓淦,向永,申春迎. 大药片落锤撞击感度研究[J]. 爆炸与冲击, 2006, 26(4): 381-384.
DAI Xiao-gan, XIANG Yong, SHEN Chun-ying. Study of drop hammer impact sensitivity for big-bill explosives[J]. *Explosion and Shock Waves*, 2006, 26(4): 381-384.
- [10] 阮庆云,陈启珍. 评价炸药安全性能的苏珊试验[J]. 爆炸与冲击, 1989, 9(1): 68-72.
RUAN Qing-yun, CHEN Qi-zhen. Safety evaluation of explosives by Susan test[J]. *Explosion and Shock Waves*, 1989, 9(1): 68-72.
- [11] 孙占峰,李庆忠,孙学林. 标准圆筒试验技术与数据处理方法研究[J]. 高压物理学报, 2008, 22(2): 160-166.
SUN Zhan-feng, LI Qing-zhong, SUN Xue-lin. Study on stand-

- ard cylinder test technology and data processing method [J]. *Chinese Journal of High Pressure Physics*, 2008, 22(2): 160–166.
- [12] 罗雪梅, 左玉芬, 黄黎明. 硫酸二乙酯酸值对 123 树脂固化的影响研究[J]. 含能材料, 2001, 9(1): 34–36.
LUO Xue-mei, ZUO Yu-fen, HUANG Li-ming. Influence of acid value in diethyl sulfate on the curing process of 123 resin [J]. *Chinese Journal of Energetic Materials (Hanneng Cailiao)*, 2001, 9(1): 34–36.
- [13] 代晓淦, 韩敦信, 向永. 苏珊试验中弹体形变的测量和模拟计算[J]. 含能材料, 2004, 12(4): 235–238.
DAI Xiao-gan, HAN Dun-xin, XIANG Yong. The Measurement and numerical simulation of the projectile deformation in Susan Test [J]. *Chinese Journal of Energetic Materials (Hanneng Cailiao)*, 2004, 12(4): 235–238.
- [14] 温茂萍, 徐容, 张浩斌. 纳米压痕仪测试 TNT 单晶(100)晶面的模量与硬度[J]. 含能材料, 2014, 22(3): 430–432.
WEN Mao-ping, XU Rong, ZHANG Hao-bin. Modulus and hardness of TNT single crystal(100) plane by a nanoindenter [J]. *Chinese Journal of Energetic Materials (Hanneng Cailiao)*, 2014, 22(3): 430–432.

Effect of Polymer Additives on Impact Sensitivity and Power of Composition B

GAO Da-yuan^{1,2}, ZHENG Bao-hui¹, HUANG Heng-jian^{1,2}, CAO Luo-xia^{1,2}, CAO Wei^{1,2}, WEN Shang-gang^{1,2}, WEN Wen^{1,2}, LU Xiang-jun^{1,2}

(1. Institute of Chemical Materials, CAEP, Mianyang 621999, China; 2. Robust Munitions Center, CAEP, Mianyang 621999, China)

Abstract: To investigate the effect of additives on the impact sensitivity and power of Comp. B, modified Comp. B was prepared by adding 123 resin, polyester fibre and thermoplastic elastomer VP-401, respectively. Big-bill hammer impact sensitivity test, Susan test and cylinder test of the samples were conducted. The changes in the impact sensitivity and power of Comp. B were obtained. The effects of compressive elasticity and toughness on the impact sensitivity as well as content of additives on the power for modified Comp. B were discussed. Results show that by adding 1% 123 resin, the compressive elasticity and toughness of Comp. B can be obviously improved, and the height of the threshold of deflagration reaction is enhanced by 3 m, and the impact sensitivity is obviously reduced. The modified Comp. B with 123 resin still belongs to a kind of explosive with lower strength, the fragmentation of the explosive has occurred in the process of plastic deformation occurred with the shell within the time range of several hundred microseconds from the Susan projectile's impact on the target to explosion of fragmented explosive. The fragmentation degree of the explosive greatly affects the percentage of deflagration, i. e. the relative energy is released. Compared with the power capability of Comp. B, the power of Comp. B with 1% 123 resin is decreased by 4.6% and 1.24%, respectively at radial distance of 5 mm and 19 mm.

Key words: modified Comp. B; additives; modified mechanism; impact sensitivity; power capability

CLC number: TJ55; TQ560

Document code: A

DOI: 10.11943/j.issn.1006-9941.2017.04.010