

# 燃烧向爆炸转变 (DDT) 抑制剂对于塑料 粘结黑索今冲击感度的影响

松全才 魏化震  
(北京理工大学化工系)

**摘要** 塑料粘结炸药 (PBX) 的机械冲击感度远低于单纯炸药, 这因为塑料包覆层改进了炸药晶体表面性质。本工作研究了含有燃烧向爆炸转变 (DDT) 抑制剂-三苯甲醇 (TPC) 对于黑索今 (RDX) 的机械感度影响, 发现含 TPC 的 RDX 冲击感度低于不含 TPC 的。塑料粘结剂改进, 并降低在撞击时热点产生的概率 ( $P_1$ ), 而 TPC 则降低热点传播的概率 ( $P_2$ )。可以预期, 含有 TPC 类型化合物的 PBX 机械感度可能会大幅度地降低。

**关键词** 冲击感度 黑索今

## 1. 前言

黑索今 (RDX) 类炸药的钝感问题是硝胺类化合物研究中的重要课题<sup>[1-3]</sup>, 对于这类化合物的应用, LOVA 炸药的开发是很重要的。在机械冲击作用下, 炸药晶体间出现相对运动, 承受各种机械作用 (空气泡的绝热加热、晶体的绝热剪切、摩擦、粘滞流动以及由摩擦引起的场致发光放电) 而形成热点——引爆源<sup>[3,4]</sup>。这是在冲击作用下、炸药发生爆炸的根本原因。但是也应看到, 热点的发展, 传播对于爆炸形成也起着重要作用<sup>[1,4]</sup>, 因此, 应该区别研究影响热点产生 ( $P_1$ ) 和热点传播 ( $P_2$ ) 的两种概率, 才能更深刻认识冲击感度的机理。松全才、刘宏业曾发现将少量 (5%) 的三苯类化合物与石蜡共混用于钝感 RDX 时, RDX 的爆炸百分数明显下降<sup>[5]</sup>。分析实验现象得出 TPC 改变了  $P_2$  的性质。为了进一步研究 TPC 的作用, 本文以聚氨酯 (PU)-三苯甲醇 (TPC)-黑索今 (即 PU-TPC-RDX) 三元体系为对象研究了该体系的冲击感度。

## 2. 实验部分

### 1 样品

混炼型聚氨酯 (PU)	工业品
三苯甲醇 (TPC)	化学纯试剂
黑索今 (RDX)	工业品
溶剂: 四氢呋喃 (THF)、二氧六环 (Dioxane)、吡啶 (Pyr.)	化学纯试剂

研究用 PU-RDX 将 200 mg 的 PU 分别溶于 20 ml 的纯或混和溶剂中, 用常见工艺制成混和炸药 (RDX 用量为 5 g)<sup>[6]</sup> PU-RDX 和 PU-TPC-RDX。当含有 TPC 时, TPC/RDX 比例取 0.04 (200 mg TPC, 5 g RDX)。

1988年11月7日收到原稿, 1989年4月2日收到修改稿。

## 2 研究用仪器

JZHY-180 表面张力仪：用于测定各种 PU 溶液的表面张力 ( $\gamma$ )。立式落锤仪：测定 RDX、PU-RDX、PU-TPC-RDX 的撞击感度 (5 kg 落锤, 250 mm 落高, 观察其爆炸百分数)。

## 3. 结果和讨论

在表 1、图 1 中列出了研究结果。

表 1 PU-RDX、PU-TPC-RDX 的撞击感度

Table 1. The impact sensitivity of explosives PU-RDX and PU-TPC-RDX

样品号	溶 PU 用的溶剂	$\gamma$	撞击感度		
			%	实验样本数	置信区间 <sup>①</sup>
1	THF/Diox. (体积比 1:1)	26.7	48	100	58—38
2	THF/Diox. (体积比 1:3)	28.6	20	100	29—13
3	Diox.	30.0	37	75	51—23
4	Diox./Pyr. (体积比 1:1)	31.4	34	100	42—23
5	Pyr.	33.3	58	50	70—41
6	溶剂同 1, 含有 TPC	26.1	20	100	29—13
7	溶剂同 2, 含有 TPC	27.5	16	75	30—7
8	溶剂同 3, 含有 TPC	29.8	4	100	10—2
9	溶剂同 4, 含有 TPC	31.3	10	100	20—7
10	溶剂同 5, 含有 TPC	33.3	10	100	20—7
11	溶剂同 1, PU 量为 1 的 2 倍	26.2	30	75	46—19
12	溶剂同 1, TPC 量为 6 的 2 倍	26.0	32	75	46—19

①置信度为 95% 时, 对应于实验样本数的置信区间。

图 1 表示 PU-RDX、PU-TPC-RDX 两类混和炸药的撞击感度差别。

研究数据表明<sup>[1]</sup>, PU-RDX 二元体系的撞击感度变化是复杂的, 存在一个合宜的 PU 溶液表面张力范围, 用这种 PU 溶液制得的 PU-RDX 感度都小于纯 RDX 的值 (如表 1 中的 1—4 号样品)。但是本工作的数据却表明凡含 TPC 的三元体系感度都小于 PU-RDX 体系, 尤其以样品 3, 8 的对比变化最明显。不含 TPC 的样品 3 的爆炸百分率为 37%, 而含 TPC 的 8 号样品感度则下降到 4%。为了进一步说明 TPC 的作用, 专门安排了样品 11 和 12 的试验。样品 11 是 PU-RDX 二元体系, 不过和样品 1—5 含有 PU 量对比, 样品 11 的 PU 量是后者的 2 倍。样品 12 是 TPC-RDX 二元体系, 不含 PU。感度测定结果表明, 虽然平均爆炸百分率较样品 1 低, 但是却比 PU-TPC-RDX 三元体系的样品 6 感度高。这说明, 只有 PU、TPC 两种组分共存时, RDX 的感度才更明显地下降。这些工作数据再一次证实了文献 [5] 的结论, 更使人们的认识又深入了一些。

图 1 的数据直观地表明, 凡是 PU-TPC-RDX 三元体系的感度都低于 PU-RDX 体系, 而且原来二元体系感度高的样品和含有 TPC 的相对应样品感度变化最为强烈。例如,

样品1的感度下降为样品6的值(由48% \(\searrow\) 20%), 样品4的感度下降为样品9(由34% \(\searrow\) 10%)的数值, 而样品5的感度为58%, 含有TPC的相应样品10则只是10%。这也具体地说明了TPC的降感作用。

为了阐明TPC作用, 采用了直观的、简易的观察每次感度实验后击柱表面烧蚀的方法, 在图2中列出了含或不含TPC组分的样品对于击柱烧蚀情况的照片。

图2列出的照片说明, 只含PU的二元体系样品对于击柱表面烧蚀相当严重, 且烧蚀面积较大, 以前的工作<sup>[5]</sup>表明, RDX爆炸后对击柱的烧蚀更明显。样品11虽然含有更多的PU(和样品相比多达1倍), 但是由于不含TPC, 因此, 由图片来看, 样品1、11的烧蚀情况是类似的。含有TPC的样品6对于击柱表面烧蚀相

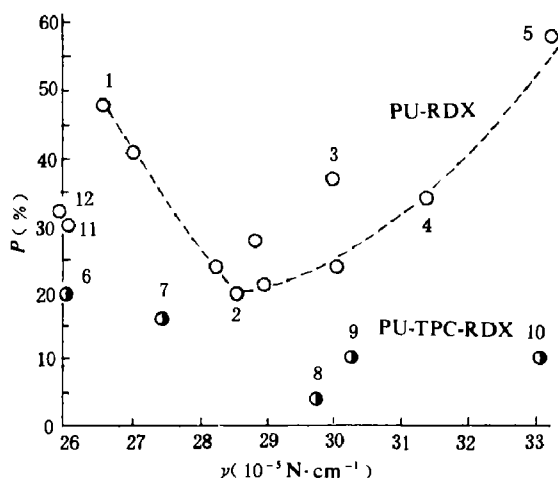


图1 PU-RDX、PU-TPC-RDX 撞击感度的比较(图中样品号和表1相同)  
Fig. 1 Comparison of impact sensitivity of PU-RDX and PU-TPC-RDX (number of samples are the same as in Tab. 1)

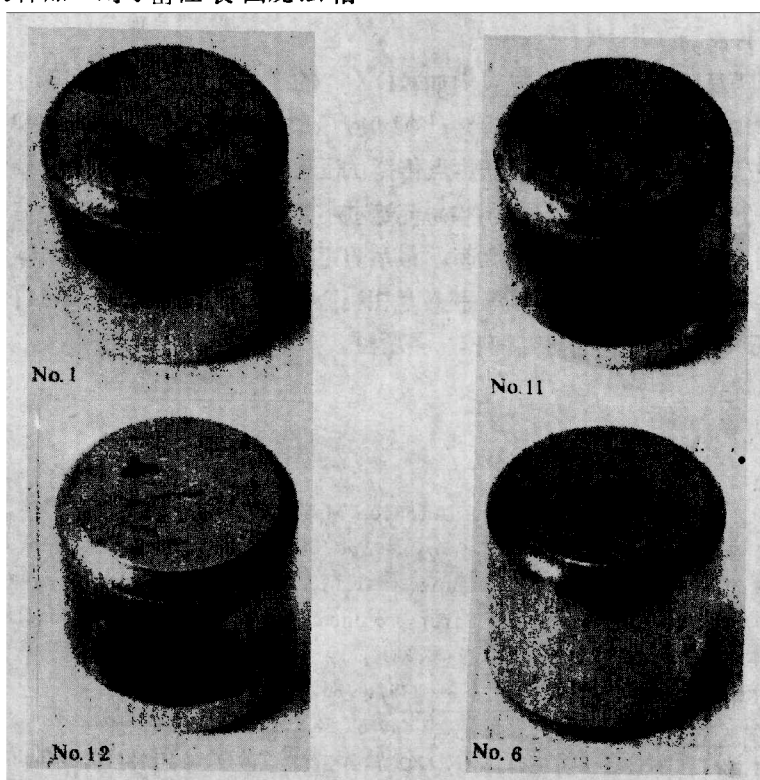


图2 PU-RDX、PU-TPC-RDX 样品爆炸后对击柱表面的烧蚀  
Fig. 2 The surface ablation after explosion of explosive PU-RDX or PU-TPC-RDX

当少, 照片上的蚀痕相当轻(图2)。图2中的样品12照片是TPC-RDX的烧蚀照片, 照片表明该击柱烧蚀程度虽比样品6大, 但是和样品1、11(二者都不含TPC)相比要低。这种定性式的图片说明在撞击作用下, 炸药样品化学反应(通常理解为高压下的燃烧)的激烈程度、传播范围。烧蚀严重表示燃烧反应强烈, 而烧蚀面积大小则表示燃烧传播的范围。本质上讲, TPC是RDX燃烧的阻燃剂。格拉兹柯娃<sup>[8]</sup>早已发现, 在环境压力高达 $4 \times 10^7$  Pa时, 含有TPC的RDX燃速仍只是RDX值的一半, TPC相当有效地抑制了RDX的燃烧。鉴于在撞击作用下, RDX的爆炸反应是燃烧向爆炸转化(DDT), RDX的燃速降低, 自然不利于DDT的发展。因此, 含有TPC的RDX对于击柱表面的烧蚀程度低, 波及范围小就可以理解了。这样, 可以说, 均匀包覆在RDX表面的PU改进了RDX晶体的塑性, 使其在受撞击时晶体间产生的机械摩擦生热程度变低, 导致形成反应的热点机会下降。但是热点一旦形成后, 则RDX会以较高的燃速反应, DDT现象也容易出现。TPC的存在能抑制燃烧, 降低RDX的燃速, 由于TPC并非塑性材料, 对于RDX晶体表面塑性改变的贡献很小, 所以样品12的感度还是较高, 对击柱表面烧蚀也较大。只有PU、TPC同时存在的样品(6—10)才更有效地降低RDX的感度, 这因为PU改进了RDX表面塑性, 使撞击时生成热点的概率 $P_1$ 下降; 而TPC则抑制了热点(燃烧)的发展, 也即概率 $P_2$ 。二者共存, 双管齐下, 才有效地改善了RDX的撞击感度<sup>[4]</sup>。根据实验观察, 凡是含有TPC的三元体系样品对击柱烧蚀程度都轻, 烧蚀面积也小, 也定性地证明了上面的分析。当然, 如能使用文献[2, 3]中介绍的仪器, 则可直接以高速摄影照片证实上述, 会更令人信服, 这有待于吾人的下步努力。

总之, 为了明显降低硝酸类炸药(例如RDX)的撞击感度应由两个方面着手:(1)寻求塑性适当、能均匀包覆炸药晶体的材料;(2)应该加入能抑制炸药燃烧的DDT抑制剂, 改善炸药表面或体相的化学性质, 降低热点传播的概率, 这正是本工作的主要内容。

为了选择合宜的DDT抑制剂, 还须研究这些添加剂和RDX二元混合物的热分解, 寻求二者的最佳匹配; 研究混和体系的燃速, 最后测定类似本文中提出的三元体系的机械撞击感度。通过这些研究, 可以期望得到撞击感度相当低的硝酸类混和炸药, 也许能为高安全低感度的炸药(LOVA炸药)的研究辟出一条新径。

### 参 考 文 献

- [1] Andriev, C. C., *Theory of Explosives*, Defence, Moscow, (1963): 94.
- [2] Palmer, S. J. P., Field, J. E., *Proc. of Royal. Soc. London*, A383 (1982), 399.  
Krishna Mohan V., Field, J. E., Swallowe, G. M., *Combustion and Flame*, 40 (1984), 269
- [3] Field, J. E., Swallowe, G. M. et al, Paper presented at 3rd Conference of Mechanical Properties High Rate of Strain, Oxford, (1984), 381.
- [4] 松全才, 化工通讯, 北京工业学院, (2—3) (1974), 50.
- [5] 松全才, 刘宏业, 兵工学报, 火炸药专集, (2) (1985) 31.
- [6] 魏化震, 聚氨酯溶液与环三亚甲基三硝酸(RDX)界面性质对于RDX物化性质的影响, 硕士论文, 北京理工大学, (1988).
- [7] 松全才、魏化震, 聚氨酯溶液表面张力对以聚氨酯包覆的黑索今撞击感度的影响, 即发表.
- [8] 柯拉兹柯娃, 安, 马庆云译, 爆炸物燃烧的催化, 国防工业出版社, (1982), 219.

**THE INFLUENCE OF DDT(DEFLAGRATION DETONATION  
TRANSITION)PREVENTING AGENT UPON THE IMPACT  
SENSITIVITY OF PLASTIC-BONDED CYCLOTRIME-  
THYLENETRINITROAMINE(RDX)**

Song Quancai, Wei Huazhen

*(Department of Chemical Engineering Beijing Institute of Technology)*

**ABSTRACT** The impact sensitivity of plastic-bonded explosives (PBX) is significantly smaller than that of without plastic, because plastic may improve the surface property of explosive crystal. In this paper the influence of DDT (Deflagration Detonation Transition) preventing agent-triphenylcarbinal (TPC) upon the impact sensitivity of cyclotrimethylenetrinitroamine (RDX) is studied. It has been found that the impact sensitivity of PBX-RDX with TPC is quite smaller than that of without it.TPC improves and decreases the probability of growth and propagation of the hot spots. It may be expected that the impact sensitivity will be decreased significantly for the PBX with DDT preventing agent as well as triphenyl compounds.

**KEY WORDS** impact sensitivity, RDX.