

文章编号: 1006-9941(2004)01-0046-02

# 一种新型熔铸炸药研究

王亲会

(西安近代化学研究所, 陕西 西安 710065)

**摘要:** 以高能量密度材料 DNTF 与 TNT 的低共熔物为载体, 研制了一种以奥克托今 (HMX) 为主体组分的新型熔铸炸药配方, 其装药密度为  $1.86 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ , 爆速  $8\,800 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ , 做功能力为 159% TNT 当量, 可用做聚能战斗部和杀伤战斗部装药的基础配方。

**关键词:** 物理化学; DNTF; 熔铸炸药; 载体炸药; 配方; 性能

**中图分类号:** TQ56

**文献标识码:** A

## 1 引言

熔铸炸药是一类在熔化 TNT 中加入固相 RDX、HMX 等炸药形成流动态可进行浇注的混合炸药。通过调节 TNT 与固相高能炸药相对含量可组成各种能量和用途不同的熔铸炸药。这类炸药是当今世界上应用最为广泛的军用混合炸药。在不断追求武器弹药高威力的今天, 必须通过炸药装药的高能量来实现。而提高固含量以提高熔铸炸药能量的途径已不现实。如 Octol 炸药的固含量也只能达到 80% 左右, 装药密度为  $1.81 \sim 1.82 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ , 爆速仅为  $8\,480 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 。提高这类炸药能量的另一有效方法是采用能量更高的可作为熔铸炸药的液相载体炸药代替 TNT。长期的理论与实践产生了较好的结果。20 世纪 70 年代有人采用 4,4,4,-三硝基丁酸-2',2',2',-三硝基乙酯代替 TNT 获得成功。至 90 年代美国合成了 TNAZ, 据说也是一种希望替代 TNT 用于铸装的高能炸药, 其配方正在研究中<sup>[1]</sup>。与此同时, 俄罗斯在呔咱类衍生物大量研究中发现了几种可熔铸的高能炸药, 其中 DNTF 是综合性能最好的一种, 90 年代初已经在武器弹药中应用。目前我国已自主合成了 DNTF 并对其物化性能、安全性能、热安定性和爆炸性能等进行了计算和测试, 其应用研究已获得重要进展<sup>[2]</sup>。本文的目的在于试图应用 DNTF 研究一种新型的高能熔铸混合炸药。

## 2 DNTF 与其它炸药的液相载体炸药研究

### 2.1 对熔铸炸药液相载体炸药的要求

对熔铸炸药来讲, 除了保证其具有足够能量和安全性之外, 还必须具有一定的装药工艺性能。只有具备了良好的装药工艺性, 才能使其获得良好的装填质量, 其能量才能得到充分发挥。这类炸药对载体炸药有以下要求: (1) 载体炸药的熔点不应超过  $110 \text{ }^\circ\text{C}$ , 以便采用蒸汽熔化炸药。(2) 载体炸药的熔点高于  $20 \sim 25 \text{ }^\circ\text{C}$  时, 应保持数小时不分解。(3) 载体炸药的蒸汽及粉尘应无毒或毒性很小。

### 2.2 DNTF 的几种低共熔物研究

DNTF 的能量密度是可作为熔铸炸药载体炸药当中的佼佼者。但其熔点却达到了载体炸药熔点的上限, 这对其装药工艺性会产生不利影响。好在它能与 TNT、Tetryl、PETN、TNAZ 等炸药形成低共熔混合物, 通过差示扫描量热 (DSC) 法测定了 DNTF-TNT 相图 (见图 1) 和 DNTF-TNAZ 的相图。

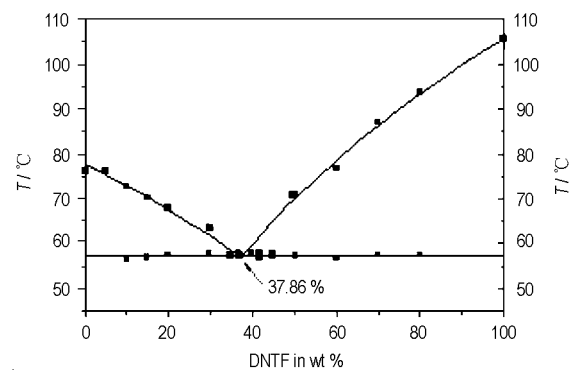


图 1 DNTF-TNT 相图

Fig. 1 DNTF-TNT phase diagram

收稿日期: 2003-06-03; 修回日期: 2003-08-27

作者简介: 王亲会 (1959 -), 男, 高级工程师, 主要从事混合炸药及战斗部装药技术研究。

DNTF-TNAZ 最低共熔点为 78 °C,对熔铸炸药来说是一个比较好的熔点,但 TNAZ 熔化时蒸汽压太高,凝固过程中有多晶变化现象存在,它与 DNTF 的低共熔物以及作为熔铸炸药的载体炸药有待进一步研究。DNTF 与 TNT 的低共熔点为 57 °C,此点二者质量比约为 DNTF 38/TNT 62。其熔点过低不适宜铸装,能量也不能满足提高熔铸炸药能量要求。

### 2.3 DNTF/TNT 的能量特征

载体炸药的熔点最好在 80 ~ 100 °C 范围内,图 1 中通过右边的液化线方程可求出不同液化温度下 DNTF/TNT 的组成,进而计算得到 DNTF/TNT 混合物的主要性能,结果见表 1。

$$\ln X_2 = \frac{\Delta H_{21}}{R} \left[ \frac{1}{T_2^0} - \frac{1}{T_2} \right]$$

式中:  $X_2$  为 DNTF 在液相中的摩尔分数;  $T_2^0$  为纯 DNTF 的熔点, K;  $T_2$  为 DNTF/TNT 体系中, TNT 已液化时 DNTF 的液化温度, K;  $\Delta H_{21}$  为 DNTF/TNT 体系中 DNTF 在 TNT 存在时的表观熔化热,  $\text{J} \cdot \text{mol}^{-1}$ ;  $R$  为气体常数,  $\text{J} \cdot (\text{mol} \cdot \text{K})^{-1}$ 。

表 1 DNTF/TNT 的组成及性能

Table 1 Composition of DNTF/TNT and their performances

DNTF/%	TNT/%	熔点/°C	$\rho_{\text{max}}/\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$	$v_0/\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$
0	100	80.9	1.654	6970
38	62	57	1.748	7752
62	38	80	1.819	8297
79	21	92	1.870	8709
90	10	100	1.904	8986
100	0	110	1.937	9250

从计算可以得知,二者最低共熔点时,密度和爆速均较低,熔点 80 ~ 100 °C 的各种比例其密度均大于  $1.80 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ ,爆速大于  $8000 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 。都可作为良好的载体炸药使用。

## 3 DNTF 基熔铸炸药配方研究

### 3.1 配方设计原则

一般来讲,混合炸药配方设计应遵循能量、安全性、工艺性和低成本的原则。四者相互关联,缺一不可。以能量为主,同时兼顾安全性、工艺性和成本,这样才能满足武器弹药对炸药装药的要求。

### 3.2 组分及配比选定

以提高能量为主要目的,液相载体炸药选择 DNTF 90/TNT 10 的组成。该组成虽然熔点较高,但密度高,爆速大;固相选择目前应用广泛且综合性能良好的 HMX 炸药,其晶体密度与爆速均与所选载体炸药接近,因此,可避免它在熔铸过程中的过度沉降,有利于提高装药密度的均匀性。由于载体炸药本身具有较高能量,无须将固相含量调到很高的水平。根据熔铸炸药装药特点,还应考虑到浇注过程对悬浮溶液粘度的要求,最后形成基础配方,能很顺利地实现熔药、浇注,成品药柱无缩孔、裂纹,质量稳定。

### 3.3 基础配方性能计算

理论最大密度为  $1.902 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ ; 氧平衡 -23.24 (按生成  $\text{CO}_2$  计), 2.72 (按生成  $\text{CO}$  计); 爆速  $v_{\text{D,MAX}} = 9085 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ ,  $v_0 = 8800 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  ( $\rho_0 = 1.83 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ ); 爆压  $p_{\text{MAX}} = 39.2 \text{ GPa}$ ,  $p_0 = 35.7 \text{ GPa}$  ( $\rho_0 = 1.83 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ ); 爆热  $Q_p = 5980 \text{ J} \cdot \text{g}^{-1}$ ,  $Q_v = 6063 \text{ J} \cdot \text{g}^{-1}$ ; 爆容:  $V_0 = 751 \text{ L} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。

### 3.4 基础配方性能测试

撞击感度 62%; 摩擦感度 62%; 特性落高 ( $H_{50}$ ) 56.2 cm; 真空安定性: 5 g 样品, 100 °C, 48 h, 放气量 0.42 ml; 爆发点 300 °C/5 s; 爆热  $5934 \text{ J} \cdot \text{g}^{-1}$ ; 弹道白炮威力 159% TNT 当量; 爆速  $8733 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  ( $\rho_0 = 1.832 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ ),  $8816 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  ( $\rho_0 = 1.862 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ ); 标准圆筒实验与其它炸药对比见表 2。

从表 2 可知, DNTF 炸药达到了压装 HMX 基高能炸药的能水平,这是以往的熔铸炸药无法达到的。

表 2 几种炸药的圆筒实验结果

Table 2 The experimental cylinder test results

炸药代号	$\rho_0/\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$	$v_0/\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$	$v/\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$	
			$R - R_0 = 5 \text{ mm}$	$R - R_0 = 19 \text{ mm}$
DNTF(混)	1.830	8733	1542	1781
PBX-9404	1.843	8768	1534	1787
JO-9159	1.860	8870	1592	1817

(下转 55 页)

## 参考文献:

- [1] 山西化工研究所. 聚氨酯弹性体手册[M]. 北京: 化学工业出版社, 2001. 51.
- [2] Huchand D S, Cooper S L. Dynamic Mechanical Properties of Polyurethane Elastomers [J]. *Polymer Eng Sci*, 1971, 11(5): 432.
- [3] 林惠文. 浇注型聚氨酯弹性体的组成结构对机械性能的影响[J]. 聚氨酯工业, 1987, (2): 11.
- [4] 林志勇. TDI 基聚氨酯软段结构与性能的关系研究[J]. 聚氨酯工业, 1997, 12(1): 16-18.
- LIN Zhi-yong. Study on the soft segment structure-property relationship of TDI-based polyurethanes [J]. *POLYURETHANE INDUSTRY*, 1997, 12(1): 16-18.
- [5] Cooper S L, Tobolsky A V. Viscoelastic response of polyurethane elastomer [J]. *Japan Polymer Sci*, 1966, (10): 183.

## Development of HTPB Liner for Double-based Propellant

ZOU De-rong

(State Jianghe Chemical Plant, Yuan'an 444200, China)

**Abstract:** The liner for double-based propellant was prepared from HTPB, toluene diisocyanate, diisooctyl sebacate, 1,4-butanediol and mica. The effects of dosage of each material on the properties of bonding and mechanical were studied. The stability of the liner was carried out by aging test at 70 °C. The grains were coated by the liner and were tested in motor at high and low temperature separately. Results show that the bonding and mechanical properties of the liner can be affected by changing the dosage of toluene diisocyanate, diisooctyl sebacate, 1,4-butanediol and so on.

**Key words:** aerospace materials; liner; double-based propellant; HTPB

(上接 47 页)

### 4 结 论

(1) DNTF 是一种综合性能优越的新型高能炸药, 与少量 TNT 混合可作为熔铸的液相载体炸药。

(2) 以 DNTF 为载体的新型高能炸药基础配方, 其制造工艺简单易行, 装药密度高, 均匀性好, 能量大。

(3) 由于基础配方能量高, 可塑性强, 可根据产品需要随意进行能量调节。

(4) 对金属有独特的加速效能, 持续加速能力强, 对弹丸设计和战斗部设计有极其重要作用。

(5) 热安定性好, 但机械感度稍高, 通过适当降感即可满足使用要求。

## 参考文献:

- [1] Reich R F. Insensitive munition and energetic materials technology symposium[C], 1997, 1, 854.
- [2] 胡焕性, 张志忠, 肖川. 高能密度材料 DNTF 性能与应用研究[J]. 兵工学报, 待发表.

## A New Melt-cast Explosive Formulation

WANG Qin-hui

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

**Abstract:** An eutectic composition consisting of high energy density material DNTF and TNT was investigated by the phase diagram. A DNTF/TNT composition with high DNTF percent (wt%) was selected as the basic liquid carrier. A melt-cast explosive mixture with detonation velocity of 8 800 g · cm<sup>-3</sup> and explosive power of 159% TNT was developed. It could be used as the basic formula for shaped charge or fragmentation warhead.

**Key words:** physical chemistry; DNTF; melt-cast explosive; carrier explosive; formula; performance