

文章编号: 1006-9941(2002)04-0182-03

高钝感炸药与平板装药的分析研究

陈爱武

(华北工学院, 山西 太原 030051)

摘要: 介绍了钝感奥克托今(DO-XX)和钝感黑索今(DH-8)两种能用作平板装药高钝感炸药, 分析研究了两种炸药的安全特性, 对 DO-XX 炸药的爆速和爆压进行了理论计算, 对 DO-XX 平板装药的爆速进行了试验测试, 结果表明 DO-XX 炸药可以满足平板装药的要求。

关键词: 钝感炸药; 平板装药; 破甲弹; 穿甲弹

中图分类号: TQ56

文献标识码: A

1 引言

平板装药所采用的高钝感炸药是平板装药技术的核心, 平板装药制造和使用中的安全性决定于高钝感炸药, 而且高钝感炸药也是决定平板装药抗弹性能的关键技术之一。对于平板装药, 所采用的炸药应高钝感、高威力、使用安全可靠。平板装药主要采用两种粘性混合炸药: 钝感奥克托今(DO-XX)和钝感黑索今(DH-8)。

目前, 国内外应用的爆炸式平板装药都是采用“三明治”式的装药结构, 即两层金属板之间夹有一层钝感粘性混合炸药。金属板的厚度一般为 1~20 mm, 炸药是以冲击感度较低、稳定性好、与金属相容性好的黑索今或奥克托今为主体, 再配以增塑剂、粘结剂和钝感剂的高强度钝感混合炸药。

平板装药要防御大口径穿、破甲弹, 首先, 必须保证主平板装药结构(引爆板)所采用的炸药能被各种破甲弹的聚能射流和 100 mm 以上弹径的动能穿甲弹引爆, 并且炸药要具有一定的爆速和威力, 以便充分发挥爆轰产物及其所驱动的两块金属板对射流及弹杆的干扰作用, 同时, 为保证使用的安全性和可靠性, 又不被 25 mm 以下的小口径的枪弹或弹片击爆。

2 炸药装药的分析

DH-8 炸药是我国目前已研制定型的平板装药用钝感炸药, 主体炸药为黑索今, 占 89%~92%, 以蜡等

作为钝感剂和粘结剂, 占 8%~11%。DH-8 炸药安全可靠、性能优良, 能够被破甲射流可靠引爆, 爆轰完全, 用于平板装药具有很高的抗破甲性能, 在装药密度为 $1.5 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ 时爆压为 21.64 GPa, 爆速为 $7400 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 。由于穿甲弹的着靶速度比破甲射流低得多, 而 DH-8 的冲击波感度、撞击感度、摩擦感度比较低, 所以不能被动能弹可靠地引爆。因此, 要既防破甲又防穿甲的平板装药就必须研制一种既能被射流引爆, 又可以被动能弹杆可靠引爆的炸药。

DO-XX 炸药是一种高威力、高钝感、低粘性的混合炸药, 它是高能炸药奥克托今(HMX)为主体, 加入粘结剂、钝感剂和增塑剂等添加剂制成。主体炸药奥克托今的质量百分比为 91% 左右, 添加剂质量百分比为 9% 左右。

奥克托今是各国现装备弹药中爆速最高的一种单质炸药, 当密度为 $1.84 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ 时, 爆速可达 $9124 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 。其爆炸威力为 TNT 的 150%, 冲击波感度、机械感度比黑索今高, 热安定性比黑索今好。奥克托今以其独特的高爆速和热安定性受到世界各国的重视, 主要用作高聚物粘结炸药的组分。奥克托今是一种多晶体单质炸药, 有 α 、 β 、 γ 、 δ 四种晶型, 其中以 β 型最为安定。本研究中使用的是撞击感度最小的 β 型奥克托今, 通常写成 β -HMX, 简写成 HMX。现将 HMX 的主要性能数据列于表 1^[1,2]。

从表 1 中可看出, 奥克托今结晶密度大, 爆速高, 威力大, 热安定性和化学安定性好, 撞击感度和摩擦感度较高, 只要加入适当的粘结剂和钝感剂, 使其具有良好的塑性和装填工艺, 就可以保证平板装药所要求的射流和动能冲击引爆可靠性, 并具有较高的抗弹性能

收稿日期: 2002-06-25; 修回日期: 2002-07-16

作者简介: 陈爱武(1966-), 女, 工程师, 硕士, 曾参加数十项科研项目, 许多研究成果已经或即将应用于实际中。

和安全性能。

表1 单质 HMX 炸药的主要性能数据

Table 1 Main performance data of pure HMX explosive

外观	密度 /g·cm ⁻³	爆速 <i>D</i> /km·s ⁻¹	爆压 <i>p_{c,j}</i> /GPa	爆热 /kJ·kg ⁻¹	
白色结晶	1.94	9100 ($\rho_0 = 1.89$)	39.5 ($\rho_0 = 1.90$)	5863	
爆发点 (5 s 延滞期)	熔点	威力 ¹⁾	摩擦感度 ²⁾ /%	撞击感度 ³⁾ /%	
327 °C	278 °C	486 ml	100	100	
100 °C 热安定性		真空安定性		吸水性	
第一个 48 h 失重	第二个 48 h 失重	100 h 内 爆炸	100 °C 加 热 40 h 放气量	120 °C 加 热 40 h 放气量	30 °C 相对 湿度 90% 增加量/%
0.04%	0.00%	不爆	0.074 ml·g ⁻¹	0.4 ml·g ⁻¹	无增加

注：1) 铅 扩张值；2) 1.5 kg, 摆角 90°；3) 10 kg 落锤, 25 cm 落高。

DO-XX 炸药中的添加剂为蜡和聚异丁稀。添加剂的作用是用来改善混合炸药的安全性能、工艺性能、机械力学性能及物理化学安定性。蜡和聚异丁稀起钝感剂和粘结剂作用, 蜡呈中性, 对金属不腐蚀, 与炸药不起化学反应, 有良好的润滑作用, 一方面用来降低混合炸药的感度, 保证其安全生产、加工和使用要求; 另一方面用来粘结炸药组分, 使之均匀分散而不产生离析, 使混合炸药易于成型、加工, 提高装药尺寸的稳定性, 从而使混合炸药具有良好的塑性。

DO-XX 炸药的主要性能如表 2 所示。

表2 DO-XX 炸药的主要性能参数

Table 2 Main performance parameters of DO-XX explosive

外观	白色、乳白色
冲击波感度	$X_R = 5.6$
撞击感度	20% (样品在 60 °C 下烘烤 2 h)
摩擦感度	24% (样品在 60 °C 下烘烤 2 h)
热安定性	第一个 24 h 失重 0.03%, 第二个 24 h 失重 0.02% (100 °C 条件)
爆发点	305 °C (5 s 延滞期)
威力	163.9% (TNT 当量)
猛度	25.31 (铅 法, TNT 当量为 100%)
枪击感度	平板装药: 12.7 mm、14.5 mm 弹丸 及 25 mm 钢弹和钨弹击中后均不爆

DO-XX 炸药的装药工艺简单, 使用安全性好, 性能可靠, 完全能够满足双防装甲所需要的抗弹性能等

技术要求。

3 平板装药所用炸药爆轰参数的计算

3.1 爆速的计算

60 年代末, Kamlet 根据 BKW 状态方程的 RUBY 编码计算结果, 归纳出了计算 CHNO 等炸药爆速的半经验公式^[3]:

$$D = 1.01\Phi^{1/2}(1 + 1.30\rho_0)$$

$$\Phi = 0.4889N\sqrt{MQ} \quad (1)$$

式中, *D* 为密度 ρ_0 时的炸药爆速, m·s⁻¹; Φ 表示炸药组成及能量储备的示性值; *N* 为每克炸药爆炸时生成气体爆轰产物的量, mol·g⁻¹; *M* 为气体爆轰产物的平均摩尔质量, g·mol⁻¹; *Q* 为炸药爆炸的化学反应热, J·g⁻¹。

在计算 *N*、*M*、*Q* 时, 假定爆炸反应是按最大放热 (H₂O-CO₂) 进行, 则对 C_aH_bN_cO_d 炸药有:

当 $d \geq 2a + b/2$ 时,

$$N = \frac{b + 2c + 2d}{48a + 4b + 56c + 64d}$$

$$M = \frac{48a + 4b + 56c + 64d}{b + 2c + 2d}$$

$$Q = \left[\frac{120.9b + 395.4a - \Delta H_f^0}{12a + b + 14c + 16d} \right] \times 10^3 \quad (2)$$

当 $2a + b/2 > d \geq b/2$ 时,

$$N = \frac{b + 2c + 2d}{48a + 4b + 56c + 64d}$$

$$M = \frac{56c + 88d - 8b}{b + 2c + 2d}$$

$$Q = \left[\frac{120.9b + 197.7(d - b/2) - \Delta H_f^0}{12a + b + 14c + 16d} \right] \times 10^3 \quad (3)$$

当 $d < b/2$ 时,

$$N = \frac{b + c}{24a + 2b + 28c + 32d}$$

$$M = \frac{2b + 28c + 32d}{b + c}$$

$$Q = \left[\frac{241.8d - \Delta H_f^0}{12a + b + 14c + 16d} \right] \times 10^3 \quad (4)$$

式中, ΔH_f^0 为炸药的标准生成焓, kJ·mol⁻¹。

计算混合炸药时, 采用 Φ 值的近似计算方法。对于由爆炸组分和非爆炸组分组成的高聚物粘结混合炸药, 有

$$\Phi = \sum_{i=1}^n \Phi_i W_i \quad (5)$$

式中, Φ_i 为混合炸药第 *i* 种组分的能量贮备示性值

(常用单质炸药 Φ_i 值可依据文献查表,非爆炸组分按惰性材料处理); W_i 为混合炸药中第 i 种组分的质量分数。

3.2 爆压的计算

在混合炸药工程设计和应用中,通常采用经验公式来估算炸药的 C-J 爆压。根据 Kamlet 公式^[3],有

$$p = 1.558\Phi\rho_0^2 \quad (6)$$

式中, p 为混合炸药的 C-J 爆压, GPa。其它符号及计算方法与计算爆速的相同。

3.3 平板装药(DO-XX)——爆速和爆压的理论计算

从文献[3]中查得 HMX 的 $\Phi = 6.772$, 石蜡油和聚异丁稀按惰性材料成分处理,对于混合炸药 DO-XX 其质量为 0.91,将其代入(5)式得: $\Phi = 6.16252$

当装药密度 ρ_0 为 $1.40 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ 时将其代入(1)式得: $D = 1.01\Phi^{1/2}(1 + 1.30\rho_0) = 7070 \text{ m/s}$

再代入(6)式得: $p = 1.558\Phi\rho_0^2 = 18.82 \text{ GPa}$

4 平板装药炸药爆速的测定

为了进一步论证 DO-XX 高钝感炸药作为平板装药的可行性,对平板装药起爆后爆轰波传播的速度(爆速)进行试验测定,试验测定示意图如图 1 所示。

测试条件:平板装药密度 $1.40 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$,装药上面加覆盖板。

测试结果:从通道 1 读取的时间为 $t_1 = 11.5 \mu\text{s}$,从通道 2 读取的时间为 $t_2 = 16.9 \mu\text{s}$,从通道 3 读取的时间为 $t_3 = 25.1 \mu\text{s}$ 。所以

$$D_1 = S_1/(t_2 - t_1) = 40 \text{ mm}/5.4 \mu\text{s} = 7407 \text{ m/s}$$

$$D_2 = S_2/(t_3 - t_2) = 60 \text{ mm}/8.2 \mu\text{s} = 7317 \text{ m/s}$$

$$\text{平均爆速为: } D = (D_1 + D_2)/2 = 7362 \text{ m/s}$$

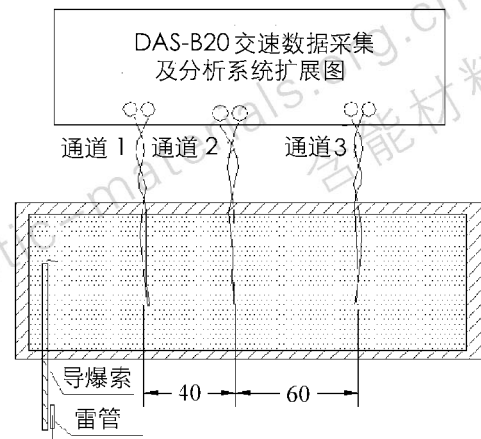


图 1 测定平板装药炸药爆速示意图

Fig. 1 Diagram of measuring the detonation velocity of the flat charge

5 结论

(1) 实测爆速比计算爆速高,主要原因是金属包覆的结果。此爆速值可以满足爆轰传播的系列时间要求,既可瞬时引爆平板装药驱动金属板切割、干扰射流或动能弹,又可实现平板装药的抗弹性能。

(2) 低密度平板装药的爆轰参数采用 Kamlet 方法计算,DO-XX 炸药可以满足工程设计要求。

参考文献:

- [1] 张浩波. 反坦克弹药作用原理[M]. 北京: 国防工业出版社, 1980.
- [2] 焦丽娟. 钝感药研究[D]. 太原: 华北工学院, 1998.
- [3] 孙业斌, 惠君明, 曹欣茂. 军用混合炸药[M]. 北京: 兵器工业出版社, 1955.

Study and Analysis of the High Insensitive Explosive and the Flat Charge

CHEN Ai-wu

(North China Institute of Technology, Taiyuan 030051, China)

Abstract: The high insensitive explosive and the flat charge are introduced in this paper. The detonation velocity and detonation pressure of the DO-XX explosive are calculated. The detonation velocity of the flat charge is measured, and the safety characteristics of the explosive charge are studied and analyzed, which can meet the requirements of engineering designs.

Key words: insensitive explosive; flat charge; charge shape; long pod penetrator