

文章编号: 1001-1455 (2000)02-0121-04

温度对发散冲击波引爆塑料粘结 TATB 炸药的影响

方 青, 卫玉章, 文尚刚

(中物院流体物理研究所冲击波物理与爆轰物理实验室, 四川 绵阳 621900)

摘要: 在温度为 20 °C、-30 °C 和 -54 °C 条件下, 用半球形传爆药输出的发散冲击波引爆密度 1.90g/cm³ 的塑料粘结 TATB 钝感炸药, 采用“切面实验”方法, 通过电探针测试技术, 观测了炸药中被引发的爆轰波或反应冲击波速度的增长或衰减过程。实验表明, 温度降低, 塑料粘结 TATB 钝感炸药的引爆性能发生显著变化。

关键词: 炸药; 爆轰; 温度; 引爆

中图分类号: O381 文献标识码: A

1 引 言

塑料粘结 TATB 炸药是迄今工程应用中安全性能最好的一种炸药。工程应用爆轰装置并不总是在常温下使用, 而可能遇到不同的环境温度条件。在低温下, 炸药的冲击引爆感度下降, 塑料粘结 TATB 炸药受温度的影响更为明显, 它涉及到装药序列爆轰传递的可靠性能, 因而引起人们的关注。美国利弗莫尔实验室用半球形传爆药引爆塑料粘结 TATB 炸药, 采用“洋葱皮实验”方法, 通过单狭缝扫描照相技术, 观测了被引发的爆轰波的侧向发散性, 给出了常温 (20 °C) 和 -54 °C 条件下, 发生强烈反应和发生可探测反应的角度范围^[1]。我们采用另一种实验方法研究了这个问题, 设计了一种“切面实验”方法, 通过电探针技术, 观测了常温 (20 °C)、-30 °C 和 -54 °C 下半球形传爆药引爆的塑料粘结 TATB 炸药中被引发的爆轰波或反应冲击波的侧向发散传播速度的变化, 给出了它们增长或衰减的行为。

2 实 验

实验装置如图 1 所示。在 $\phi 70\text{mm} \times 30\text{mm}$ 的塑料粘结 TATB 主装药顶部挖一个半径 20mm 的半球形球窝, 嵌入由较敏感的炸药和惰性材料隔层组成的半球形传爆序列。传爆序列由柔爆索引爆, 从而使传爆序列输出一个阵面波形接近球面、峰值压力为 20GPa 的散心冲击波。在主装药侧面铣一个平面 (我们称它为切面), 覆盖一块平板, 板上钻三排小孔, 分别插入电探针, 测量爆轰波 (或冲击波) 到达测点的传播时间。图中 *e*、*f*、*g* 表示三条测线, 每条测线上排布一系列测点 (相应安装一系列电探针)。三条测线相距 14.5mm, *e* 测线离引爆轴线最近, 距离

* 收稿日期: 1999-07-14; 修订日期: 1999-10-25
基金项目: 中国工程物理研究院基金资助项目 (970108)。
作者简介: 方 青 (1942—), 女, 研究员。

为 26mm。我们称这种观测爆轰波到达炸药柱侧平面(切面)上的波形和传播时间的实验为“切面实验”。在常温下通过多狭缝扫描照相技术做这种实验十分方便,但在低温环境下,爆轰装置放在低温箱内,设置透明窗口十分麻烦,而采用电探针测试技术^[2]却很方便。我们在温度为 20 °C、-30 °C和-54 °C条件下进行了这种实验,得到了从雷管底部到各个测点的传播时间。在这项实验之前我们还在 20 °C、-30 °C和-54 °C条件下测量了从雷管底部到传爆序列外表面不同位置测点的传播时间。

爆轰波或冲击波到达主装药切面各点的时间随高度变化的曲线如图 2 所示。可见,爆轰波或冲击波到达 *e*、*f*、*g* 测线的各个测点的时间随温度下降而增长。

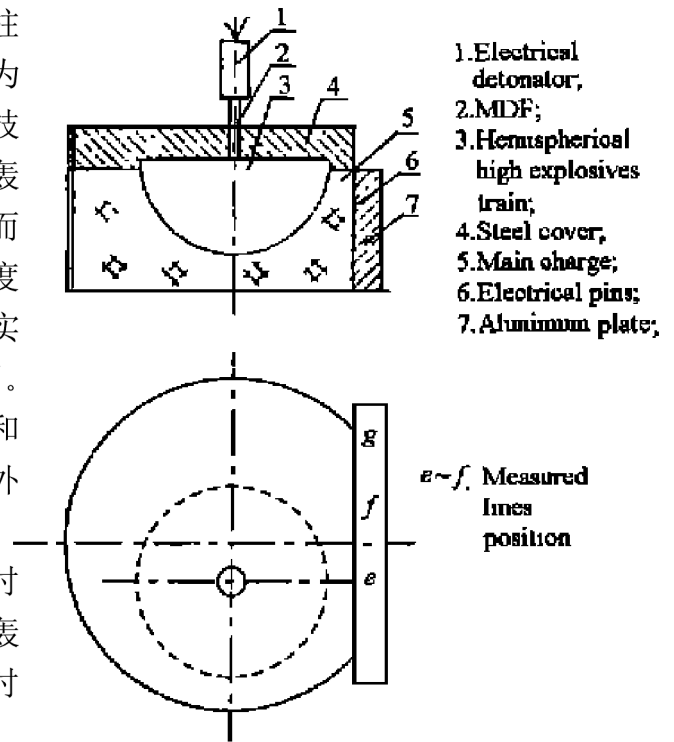


图 1 实验装置示意图

Fig.1 The schematic diagram of test arrangement

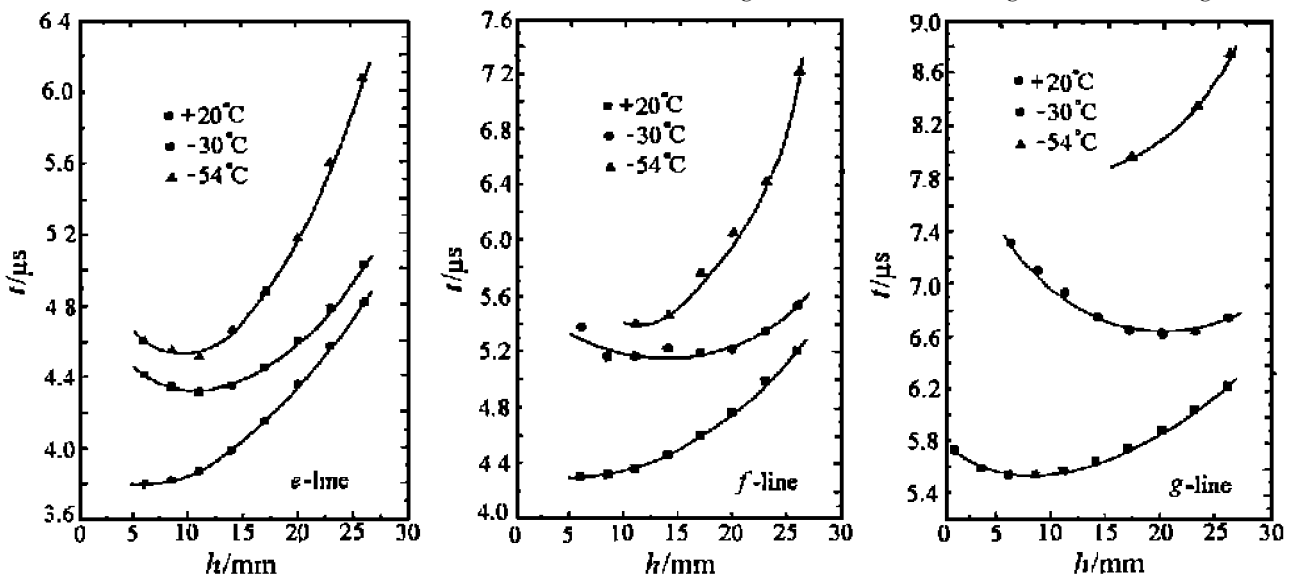


图 2 爆轰波(或冲击波)到达主装药切面的测线传播时间和波形

Fig.2 Detonation (or shock) wave arrival time at the lines on the cutting face of the main charge

3 讨 论

图 3 是处理实验数据的示意图,图中将 *e*、*f*、*g* 三条测线和引爆轴线设在一个平面上, *r* 表示测点到引爆轴线的距离, *h* 表示测点到主装药顶面的距离, *R* 是传爆序列或主装药球窝的半径。主装药中爆轰波(或冲击波)传播距离和传播时间分别为 $(L - R)$ 和 $(t - t_R)$, 其中 $L = (r^2 + h^2)^{1/2}$, *t* 是爆轰波(或冲击波)到达 *e*、*f*、*g* 测线测点的传播时间, *t_R* 是实验测得的爆轰波(或冲击波)到达传爆序列表面相应测点的传播时间。由此可得到主装药中从球窝外表面到

三条测线测点的平均传播速度

$$u = (L - R) / (t - t_R) \tag{1}$$

三种温度的实验结果示于图4(a)。在常温(20℃)下,从e测线、f测线到g测线: $u_g > u_f > u_e$, 即传播速度随传播距离增加而逐步增大。这表明,实验得到了侧向发散传播的速度逐步增大的爆轰波;在-54℃低温条件下,从e测线、f测线到g测线: $u_g < u_f < u_e$, 即传播速度随传播距离的增加而逐步减小,这表明,实验得到了速度逐步衰减的冲击波,主装药未被引爆;在-30℃情况下,出现了介于20℃和-54℃之间的另一种景象: $u_g > u_f, u_e > u_f$, 主装药中反应的冲击波先衰减,后增长,这是半球形传爆药产生的发散冲击波引爆主装药在接近临界引爆状态时的一种典型景象,如果主装药尺寸足够大,反应冲击波最终会发展成爆轰波,但在我们的实验装药尺寸条件下,未得到侧向发散传播的爆轰波。

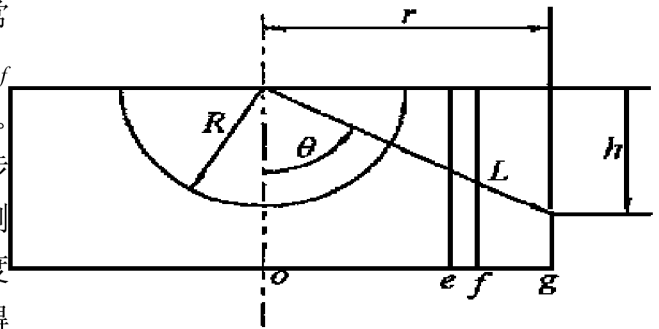


图3 实验数据处理示意图
Fig.3 The schematic of the definitions of the parameters used in the analysis

在我们的实验中,时间零点信号取自雷管底部,而取这个信号的电探针并不是置于图1所示雷管的底部,而是安装在另一个雷管的底部,这两个雷管同步引爆,处理数据时,认为两个雷管的作用时间相等。实际上,两个雷管之间存在一定的时差。为了消除这个误差的影响,可以用主装药两条测线相应测点之间的距离和相应的传播时间之差来计算速度。我们由e测线和g测线的实验数据计算了传播速度(其结果如图4(b))。

$$v = (L_g - L_e) / (t_g - t_e) \tag{2}$$

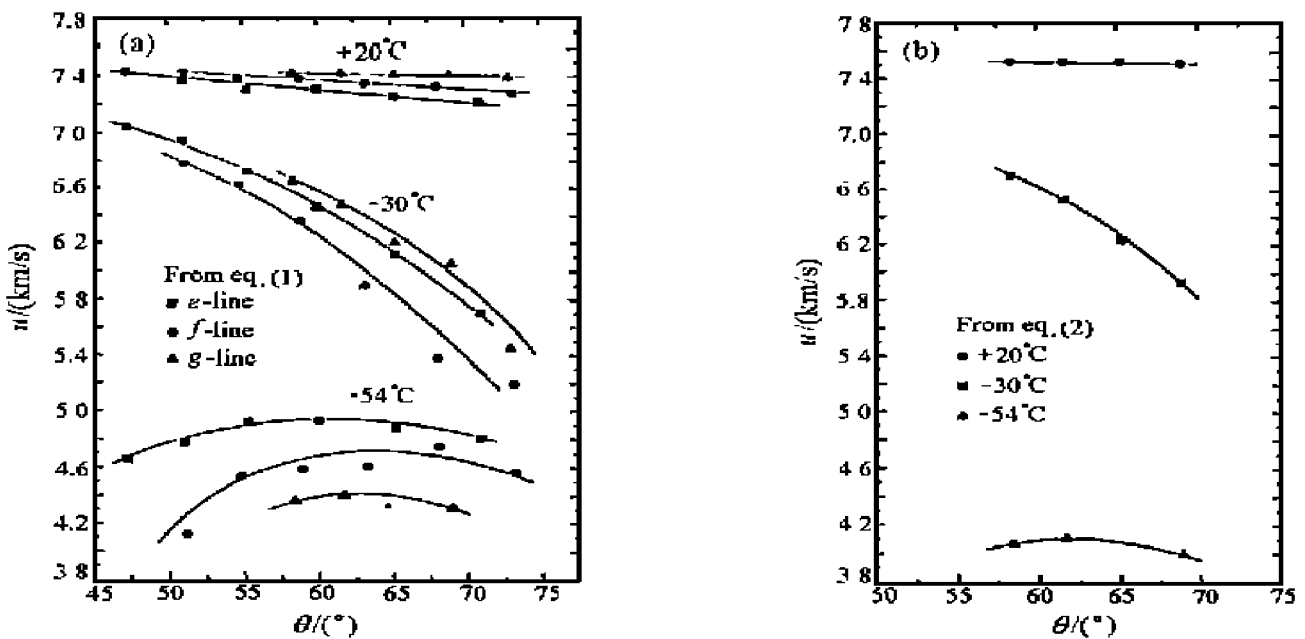


图4 爆轰波(或冲击波)在主装药中的传播速度

Fig.4 Detonation (or shock) wave velocity in the main charge

在炸药中,球面发散爆轰波的爆速随阵面曲率半径的变化有如下关系

$$D = D_1(1 - A/r) \tag{3}$$

式中: D_J 为平面一维定态爆速, r 为曲率半径, A 是与炸药性质有关的参数, 对于塑料粘结 TATB 炸药, $A=0.875\text{mm}$, $D_J=7.71\text{km/s}$ 。球面散心爆轰波传播时间

$$t = \int_{l_e}^{l_g} dr/D = \frac{1}{D_J}(l_g - l_e) + \frac{A}{D_J} \ln\left(\frac{l_g - A}{l_e - A}\right) \quad (4)$$

利用(4)式计算出散心爆轰波从 e 线(相应测点曲率半径 l_e)到 g 线(相应测点曲率半径 l_g)的传播时间 t , 相应测点之间的距离($l_g - l_e$)除以 t 得到的爆速为 $7.51 \sim 7.53\text{km/s}$, 与图 4 (b)中所示 20°C 的实验结果一致; 而在 -30°C 下实验得到较小的速度, 表明侧向发散的冲击波在有限的尺寸范围内没有发展成爆轰波; -54°C 下, 主装药未被引爆。

4 结 论

采用切面实验方法可以得到被引发的爆轰波或反应冲击波速度增长或衰减的图象, 这种方法更便于揭示主装药中被引发的爆轰波的侧向发散性。

阵面曲率半径 20mm 、峰值压力 20GPa 的散心冲击波, 引爆密度 1.90g/cm^3 的塑料粘结 TATB 炸药, 在 20°C 下, 可以得到好的侧向发散爆轰波; 在 -30°C 下, 有限尺寸的主装药中未得到侧向发散的爆轰波; 在 -54°C 下, 主装药未被引爆。在低温下, 塑料粘结 TATB 主装药变得更钝感, 必须用输出压力更高的传爆序列才能将之引爆并得到侧向发散的爆轰波。

郝荣、蒲正美、何智、李强、孙永强、朱勇敏、何巍、王健军参加了实验工作, 特此致谢。

参考文献:

- [1] Bahl K L, et al. Initiation Studies on LX-17 Explosive[A]. James M Short The Eighth Symposium (International) on Detonation[C]. Maryland: Naval Surface Weapons Center, 1985. 1045 ~ 1056.
- [2] 方 青, 卫玉章, 文尚刚, 等. 低温爆轰试验技术[J]. 高压物理学报, 1999, 13 增刊: 361 ~ 364.

Temperature Effects on the Initiation of Plastic Bonded TATB by Divergent Shock Wave

FANG Qing, WEI Yu-zhang, WEN Shang-gang

(Laboratory for Shock Wave and Detonation Physics Research,
Institute of Fluid Physics, CAEP, Mianyang 621900, China)

Abstract: The behaviours of plastic bonded TATB initiated by divergent shock waves were studied experimentally at 20°C , -30°C and -54°C , respectively. The divergent shock waves were generated by a hemispherical train of high explosives. Detonation (or reactive shock) wave velocities in the explosive were determined using "section-plane" method and electrical pins. The experimental results show that temperature variation affects the initiation behaviour of the TATB remarkably.

Key words: explosive; detonation; temperature; initiation