

文章编号: 1006-9941(2004)01-0059-03

# 雷管破片速度初探

郝建春, 俞金良

(南京理工大学化工学院, 江苏 南京 210094)

**摘要:** 介绍了雷管破片速度的靶线测定及其分布的试验方法, 给出了该测试条件下破片速度的衰减曲线以及沿雷管轴向的分布曲线。

**关键词:** 应用物理学; 雷管; 破片速度; 靶线

**中图分类号:** TQ565+.2

**文献标识码:** A

## 1 引言

雷管在爆炸时, 其能量输出形式包括三个方面: 即雷管本身的装药爆炸反应产物; 雷管管壳和加强帽在爆炸中产生的破片(飞片)效应; 雷管爆炸的冲击波输出等。三种能量的表现形式在不同的引爆条件, 其作用的效应不同。当与炸药直接接触时, 以冲击波作用为主; 当与炸药的距离被严格控制在某个空间范围内时, 则以破片(飞片)的作用为主; 装药爆炸的反应生成物则对被起爆对象有直接的压缩和热作用。

在爆炸物理测试中, 通常利用高速摄影仪来拍摄雷管的爆炸过程, 并对照片上雷管的外形变化进行多幅跟踪测量, 从而求出雷管爆炸时壳体(一般是金属材料)形成破片时的速度和加速度<sup>[1]</sup>。这种方法直观、准确, 但设备昂贵, 工作量大, 测量费用高。因而, 在一定的假设条件下, 在保证可接受的测试精度范围内, 利用靶线网多点捕捉雷管破片的可能性, 成为本工作的目的。

## 2 测试原理

在军品弹药性能测试中, 常利用靶线法测量火炸药或弹丸的爆速或弹道速度, 其原理可简单理解为被测介质通过设定的靶线, 使其通一断或断一通时产生的电参数的改变量来计算求得。

本试验是将多根相隔一定距离的连续靶线固定在某基板上, 每个靶线串联一设定阻值电阻, 然后并联成

一靶板, 在靶板两端施加一定的电压, 当受试的8#军用雷管爆炸时, 记录靶线被破片切断时线路中的电压变化及电压变化的时间间隔, 从而求出破片的速度。测试线路原理见图1。图中 $R_1$ 、 $R_2$ 、 $R_3$ 、 $R_4$ 为串联电阻,  $r_1$ 、 $r_2$ 、 $r_3$ 、 $r_4$ 是靶线电阻,  $R_x$ 为耦合电阻。

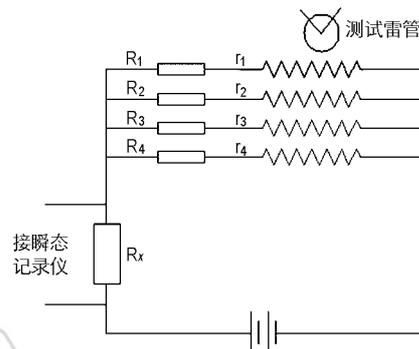


图1 测试线路原理示意图

Fig. 1 Schematic principle diagram of the testing circuit

直流电源的输出电压为 $(10.0 \pm 0.1)$  V, 要使各靶线断裂时, 在 $R_x$ 两端有一个明显的电压变化并反映到记录仪上, 必须适当地选择电阻 $R_1$ 、 $R_2$ 、 $R_3$ 、 $R_4$ 及 $R_x$ 的值。各电阻的阻值及计算电压见表1。

表1 各电阻阻值及计算电压

Table 1 Value of every resistance and the calculated voltages

电阻	电阻值 / $\Omega$	断靶顺序	并联电阻 / $\Omega$	$R_x$ 端电压 / $V$
$R_1$	993	$R_1 R_2 R_3 R_4$	619.7	8.06
$R_2$	2930	$R_2 R_3 R_4$	1648	6.09
$R_3$	6100	$R_3 R_4$	3767	4.06
$R_4$	9850	$R_4$	9850	2.07
$R_x$	2570			0

注:  $R_x$  端电压忽略了靶线电阻。

收稿日期: 2003-06-19; 修回日期: 2003-09-19

作者简介: 郝建春(1950-), 男, 研究员, 从事军事化学与烟火技术专业的教学与研究。e-mail: haojianchun@sohu.com

对理论计算的靶板电压进行静态标定,结果见图2。

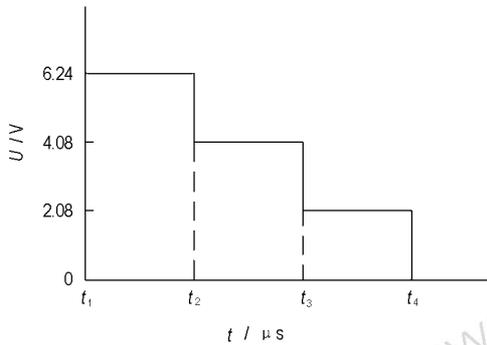


图2 静态标定结果

Fig. 2 The static calibrating results

试验使用的记录仪是 DAS-820M 高速数据采集分析系统,雷管采用 8# 军用雷管,打印机为 TX-800 型,直流电源。

### 3 测试结果

试验中共测试 18 发雷管,其中捕捉到数据 14 发,认为可能被同一破片切断靶线的有效数据 4 组/发,靶板参数见表 2,典型的测试曲线见图 3。

表 2 靶板参数

Table 2 The parameter of the target board

序号	$d_1/cm$	$d_2/cm$	$d_3/cm$	$d_4/cm$	$h/cm$
1	0.45	1.00	1.54	2.01	1.60
2	0.44	0.88	1.35	1.88	1.67
3	1.20	1.75	2.24	2.78	1.55
4	1.85	2.41	2.89	3.36	1.48

注:  $d$  为靶线距雷管边缘的距离;  $h$  为靶板水平面距雷管底部平面的距离。

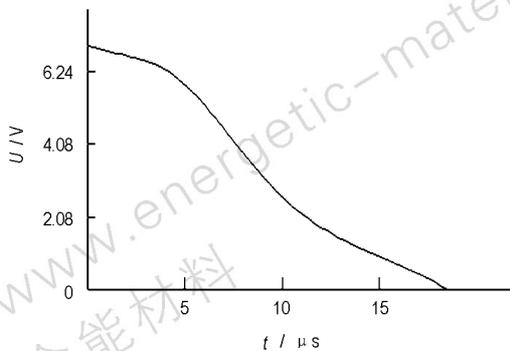


图3 典型的测试曲线

Fig. 3 The typical testing curve

对测试曲线上电压为 6.24、4.08、2.08 V 各点进行

测量,得到相应各靶线被切断的时间(从瞬态记录仪上可直接读出),从而可得出对应于各距离点的速度值,结果见表 3。

表 3 测量及计算结果

Table 3 The results of the measurement and the calculation

序号	$t_1(6.24)$ / $\mu s$	$t_2(4.08)$ / $\mu s$	$t_3(2.08)$ / $\mu s$	$t_4(0.00)$ / $\mu s$
1	0.6	4.9	9.8	17.4
2	0.8	4.3	8.1	16.5
3	1.6	6.0	10.0	18.2
4	1.8	6.1	10.4	18

序号	$(t_2 - t_1)/\mu s$	$(t_3 - t_2)/\mu s$	$(t_4 - t_3)/\mu s$
1	4.3	4.9	7.6
2	3.5	3.8	8.4
3	4.4	4.0	8.2
4	4.3	4.3	7.6

序号	$(d_2 - d_1)/cm$	$(d_3 - d_2)/cm$	$(d_4 - d_3)/cm$
1	0.55	0.54	0.47
2	0.44	0.47	0.53
3	0.55	0.49	0.54
4	0.56	0.48	0.47

序号	$v_1/m \cdot s^{-1}$	$v_2/m \cdot s^{-1}$	$v_3/m \cdot s^{-1}$
1	1280	1100	620
2	1260	1180	630
3	1250	1130	660
4	1300	1120	620

### 4 分析与讨论

将表 3 中各点的速度值与测试所对应的每个靶板中的  $d$  (见表 2 序号) 作图,可得到相应的四条速度衰减曲线(拟合曲线),见图 4。

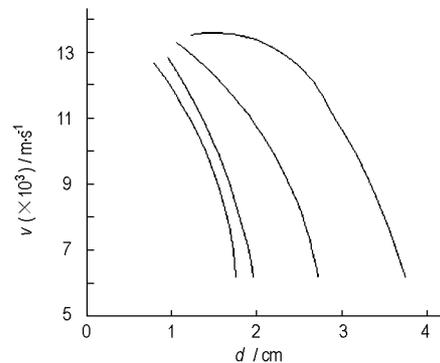


图4 破片速度衰减曲线

Fig. 4 The attenuation curves of the fragment velocity

从图 4 中的任何一条曲线都可以看出,破片速度

随着飞行距离的增大,衰减很快。对表4中4号产品测试数据进行拟合,其衰减规律符合

$$v = -0.4796e^{2.199d} + 1396.07$$

当 $d$ 较小时,破片沿径向速度衰减不大,但随着 $d$ 的增加,速度的衰减加大。

由图4还可以看出,对应于相同的破片速度,其衰减距离随着 $h$ 的缩小而增加,即破片速度是 $h$ 和 $d$ 的二元函数。

$$v = f(h, d)$$

取 $d = 1.5 \text{ cm}$ 处对应的各速度值,可得到雷管破片速度沿雷管轴向的分布曲线,见图5。

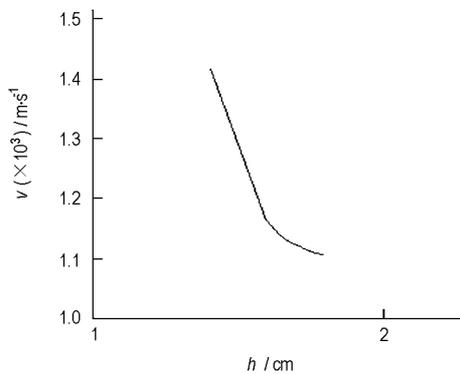


图5 破片速度轴向分布曲线( $d = 1.5 \text{ cm}$ )

Fig. 5 The distribution curve of the axial fragment velocity ( $d = 1.5 \text{ cm}$ )

对图5中的曲线进行拟合,得到雷管破片速度沿雷管轴向的衰减规律为

$$v = -1026.3e^{0.64h} + 4010.2$$

本试验的先决条件是粗略地假设各靶线由同一块破片切断,对于大破片基本可满足假设条件。而对于小破片,则不可能切断所有靶线。在试验中也发现,有

的靶线被切断2根或3根,同时破片的形状对测量亦会产生误差。另外,当破片冲击靶线时,在未切断靶线之前,靶线将由于破片的冲击而产生拉伸变形,并在靶线中产生弯曲波扰动,在低爆速状态下,这种扰动对测试的影响较大,从而产生误差<sup>[3]</sup>。综合本实验条件和数据,所拟合破片衰减规律公式适用性受到一定的限制。

## 5 结 语

设计合适的装置,配合测试雷管破片速度可以定量评价雷管的起爆能力,目前正受到专业人士的普遍关注。关于这方面的研究已有报道。本实验是基于Jahanson<sup>[4]</sup>实验的雷管起爆能力在有限空间分布的对称性,从一个侧面探讨雷管破片的衰减性,进而寻找一个最简便可行的测试方案。本试验结果表明,该方法简单、经济,在试验条件的范围内可行。同时也预示从试验方法本身、数据处理、结果规律的总结等方面都有待于进一步完善。

### 参考文献:

- [1] 杨权中,张春云. 爆炸物理测试技术[M]. 南京:华东工学院,1988. 6.
- [2] 杨文彬. 滑移爆轰下飞板飞行速度测量的实验方法[J]. 爆炸与冲击,1986,1.
- [3] 谢兴华. 矿用雷管破片速度的测试[J]. 火工品,1994,(1): 12-16.  
XIE Xing-hua. Measurement of fly fragment velocity of mine detonator [J]. *INITIATORS & PYROTECHNICS*, 1994,(1): 12-16.
- [4] 蔡瑞娇. 火工品设计原理[M]. 北京:北京理工大学出版社,1990. 10.

## Study on the Fragment Velocity Measurement after Explosion of Detonator

HAO Jian-chun, YU Jin-liang

(School of Chemical Engineering NUST, Nanjing 210094, China)

**Abstract:** A test method named target wires measurement was described, which was proved to be efficient and convenient in measuring the fragment velocity after explosion of detonator. Attenuation curves of the fragment velocity and distribution curve of the fragment velocity along the axis of detonator under the test conditions were obtained.

**Key words:** applied physics; detonator; fragment velocity; target wire