

中华人民共和国国家军用标准

火工品试验方法 电雷管爆炸轴向冲击波波形测试

GJB 736.1—89

Method of initiating explosive device test—Electric detonator
——Determining of axial shockwave pattern generated

1 主题内容与适用范围

本标准规定了测定电雷管爆炸轴向冲击波波形的仪器设备、程序、要求和底片测量及数据处理方法。

本标准适用于符合下列条件电雷管(以下简称雷管)的轴向冲击波波形对称性、平直度和均一性的测量:

- a. 作用时间不大于 $250\mu\text{s}$;
- b. 雷管爆炸后能在所使用的胶片上形成的图象黑密度大于 1.0D(对弱发光雷管可采用增光措施)。

2 引用标准

- GB 3358 统计学名词及符号
- GB 3360 数据的统计处理和解释 均值的估计和置信区间
- GB 8170 数值修约规则
- GJB 551 火工品术语

3 术语

本标准所用术语除下列外,符合 GB 3358、GJB 551。

3.1 波形曲线

依据底片记录的雷管爆炸轴向冲击波波形(以下简称雷管波形)图象,经过底片测量和数据处理,描绘出的雷管输出端轴向初始冲击波阵面与通过雷管轴线平面的相交线。

3.2 波形曲线中点

波形曲线上与雷管输出端端面中心点相对应的点。

3.3 波形时间零点

波形曲线上与雷管波形图象最早感光点相对应的点。

3.4 波形时间极差

波形曲线上对应于雷管波形图象上最早感光点与最后感光点之间的时间差。

3.5 波形对称轴

通过波形曲线中点并与雷管波形图象扫描方向平行的直线。

3.6 波形对称点

波形曲线上与对称轴距离相等的两点。

4 基本原理

本方法是采用高速扫描摄影技术来记录雷管被引爆后,雷管轴向输出端端面直径方向上的初始冲击波波形。试验原理如图 1 所示:

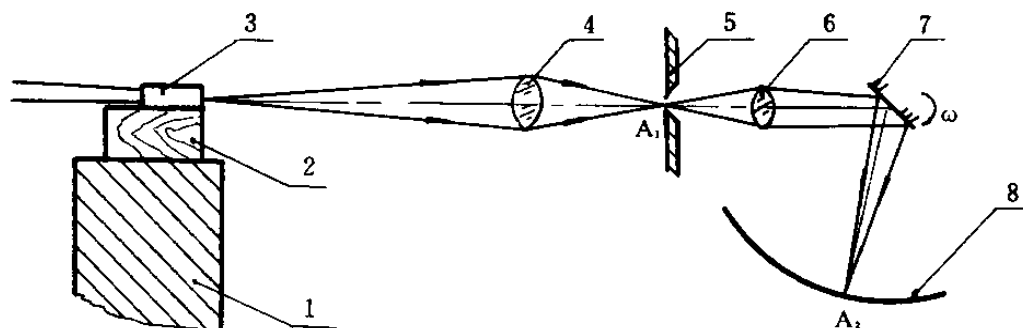


图 1 试验原理示意图

1——支座;2——雷管固定木块;3——雷管;4——主物镜;5——狭缝;6——转象物镜;
7——高速转镜;8——胶片;A₁——雷管波形在狭缝上成的象;A₂——雷管波形在胶片上成的象。

雷管轴线与光轴重合,雷管输出端端面正对相机主物镜。当雷管爆炸时,被摄雷管波形通过主物镜 4 在狭缝平面上成一次象 A₁,狭缝所截取的象 A₁ 通过转象物镜 6 及转镜 7 反射后在固定不动的胶片 8 上再次成象 A₂,当转镜以 ω 角速度旋转时,A₂ 以 2ω 角速度在胶片 8 上进行扫描。由于相机狭缝对准雷管输出端的端面中心,因此当雷管爆炸时,相机胶片上就记录了雷管波形的图象。通过对底片测量和数值计算,可获得雷管波形有关数据,检验雷管波形的对称性、平直度和均一性。

5 仪器设备器件及主要材料

5.1 仪器设备

- 高速扫描摄影机 时间分辨本领不低于 10^{-8} s。推荐使用 GSJ 型、SJZ—15 型。
- 底片测量仪 测量精度不低于 0.01mm。推荐使用体视比较仪、大型工具显微镜。
- 游标卡尺 精度不低于 0.02mm。
- 黑白密度计 测量精度 $\pm 0.05D$ 、测量范围 0~4D。
- 点火装置见图 2。

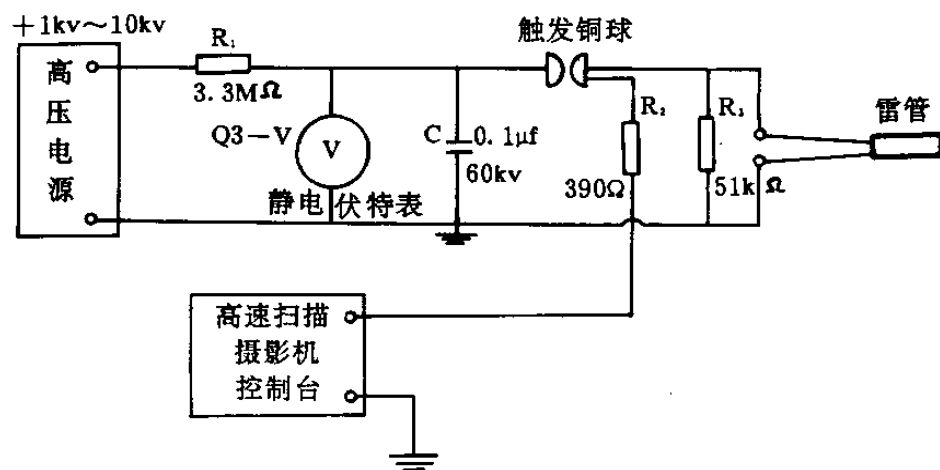
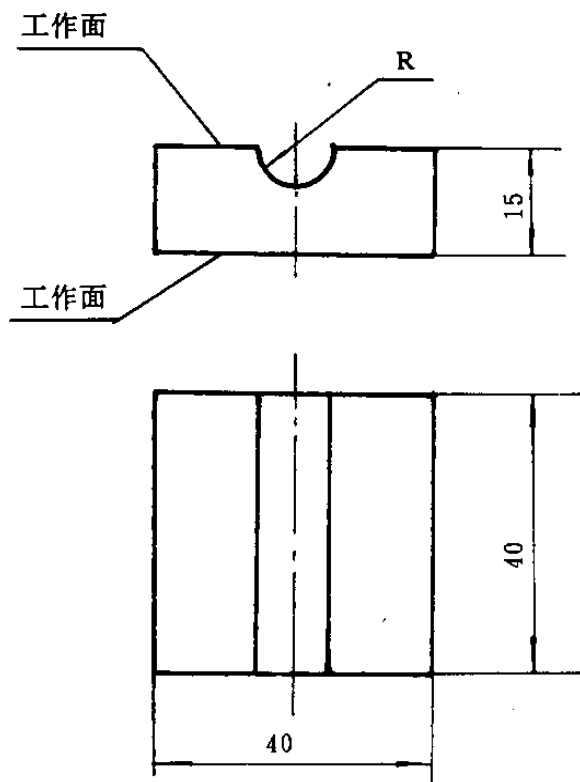


图2 点火装置简图



单位:mm

图3 雷管固定木块

要求:两工作面刨平

图中:R 等于被测雷管外径的一半

5.2 器件

- a. 雷管固定木块见图 3。
b. 雷管套筒见图 4

其余: $\nabla_{6.3}$

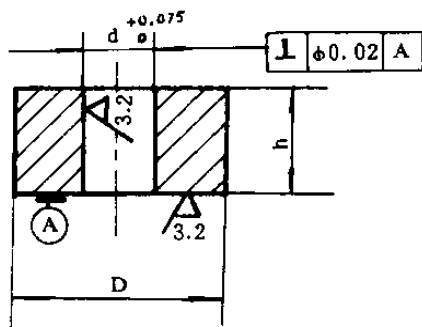


图 4 雷管套筒

材料: 铝 LY12CZ GB 3191

图中: d 等于被测雷管的外径;

D 等于被测雷管外径的三倍；

h 等于被测雷管的高度或雷管装药的高度。

5.3 主要材料

- a. 胶片 135 型
b. 无水乙醇 GB 678
c. 乙醚 HG3—1002
d. 501 胶
e. 硝酸钼 GB 653

6 试验程序与要求

6.1 试验程序

6.1.1 高速扫描摄影机相机的准备:根据所拍摄的雷管和所要求的时间分辨本领,选择相机型号、主物镜、拍摄距离、扫描速度、狭缝宽度。调好传感角,装好暗盒胶片。

6.1.2 高速扫描摄影机控制台的准备:接通电源预热 20~30min,检查摄影机控制台应工作正常。取出控制台高压钥匙。

6.1.3 试验件的装配:先测定雷管电阻是否合格,合格后将发火线短路并放置在雷管固定木块的定位槽内,使雷管输出端面与木块的一端面相平,再用白胶布或胶带纸将其固定在定位槽内,即为雷管的试验件。然后将试验件放入转手箱内。

6.1.4 将试验件从转手箱内取出放到爆炸塔里的试验支座上,在试验件旁放置标尺,使标尺和雷管输出端面处在同一平面内。按照高速扫描摄影机操作程序进行精细的调焦和对象:当瞳孔处在光轴位置时,应使被拍摄雷管和标尺在调焦显微镜的分划板上清晰成象;当狭缝处在

光轴位置时,狭缝必须对准雷管输出端端面的中心。

6.1.5 解除雷管发火短路线,将雷管发火线和起爆电缆线连接,再一次检查雷管应处在视场中央,狭缝应对准雷管输出端端面的中心。

6.1.6 把装有胶片的暗盒装入相机暗箱,拍摄标尺和雷管静止象及底片测量基准线。

6.1.7 取出标尺及爆炸塔内其它物品,关闭塔门,将控制台高压钥匙插入高压锁内,狭缝转到光轴位置拍摄雷管爆炸的动态象。

6.1.8 冲洗胶片。

6.1.9 试验完后,关闭仪器电源。

6.2 要求

6.2.1 进行调焦和对象时,要求雷管轴线与光轴重合,确保雷管输出端端面与光轴垂直。

6.2.2 对未做过雷管波形试验的雷管,每试验一发雷管必须及时冲洗胶片,观察试验结果,针对存在问题采取适当措施再做下发试验,直到获得满意的雷管波形图象为止。然后按最佳试验条件测雷管波形。

6.2.3 当用控制台的高压输出点火脉冲不能直接引爆雷管时,可采用控制台的高压输出点火脉冲触发点火装置,由点火装置的输出信号引爆雷管。对爆炸桥丝电雷管和飞片雷管可以采用能与高速扫描摄影机控制台配合使用的专用点火装置起爆。

6.2.4 当被测试雷管发光较弱使胶片上获得的图象黑密度达不到 1.0D 时,可采取适当降低高速转镜转速、增大狭缝宽度、采用高感光度胶片或在雷管输出端端面上涂一薄层增光剂(为方便涂增光剂可允许雷管加一个套筒)等措施。

6.2.5 测试工作人员必须穿戴劳保护具,爆炸塔应设有抽风设施,装配及试验时应有相应的安全防护措施。

7 底片测量及数据处理

7.1 在底片测量仪上调整底片位置,使底片运动时分划板上的十字线与底片测量基准线始终保持重合。

7.2 测量标尺高度和标尺静止象的高度、波形时间零点、雷管波形中点、波形图上若干对对称点(包括波形图的端点、波峰、波谷等特征点)的 x_i' 、 y_i' 值(x_i' ——波形前沿上某点的水平坐标; y_i' ——波形前沿上同一点的垂直坐标)。

7.3 测量数据处理

7.3.1 计算物象放大倍率 β :

$$\beta = \frac{I'}{I} \dots\dots\dots (1)$$

式中: I' ——标尺的象高,mm;

I ——标尺的物高,mm。

7.3.2 计算与 x_i' 值相对应的时间 t_i :

$$t_i = \frac{\Delta x_i'}{V_r} \dots\dots\dots (2)$$

式中: t_i —— 波形前沿上某点与时间零点的时间差, μs ;

$\Delta x_i'$ —— 波形前沿上同一点与时间零点的水平坐标差, mm ;

V_x —— 扫描速度, $\text{mm}/\mu\text{s}$ 。

7.3.3 计算与 y_i' 值相对应的距离 y_i :

$$y_i = \frac{\Delta y_i'}{\beta} \dots\dots\dots (3)$$

式中: y_i —— 波形前沿上某点与时间零点的垂直距离, mm ;

$\Delta y_i'$ —— 波形前沿上同一点与时间零点的垂直坐标差, mm ;

β —— 物象放大倍率。

7.4 列出数据表格、绘出波形曲线、确定波形时间极差。

7.5 按 GB 3360 规定的统计方法计算一组雷管波形时间极差的平均值及标准差, 数值修约应符合 GB 8170 的规定。

7.6 报出数据准确到小数点后两位, 单位: 微秒。

7.7 波形对称性、平直度和均一性的检验

对称性检验: 在一组试验中, 测出每发雷管波形图上若干对对称点的波形时间差的差值, 所有对称点的波形时间差的差值均不大于产品技术条件规定的数值为波形对称性合格。

平直度检验: 在一组试验中, 每一发雷管的波形时间极差均不大于产品技术条件规定的数值为平直度合格。

均一性检验: 观测一组雷管波形, 若每发雷管的波形时间极差数值比较接近且出现波形时间极差的位置重现性比较好, 则认为产品均一性较好。

附 录 A
雷管波形底片测量及数据
处理示例
(参考件)

某雷管共做了七发试验,为方便说明仅举其中一发为例,其余六发处理方法均同。

A1 某一发雷管的波形测试照片如图 A1 所示:

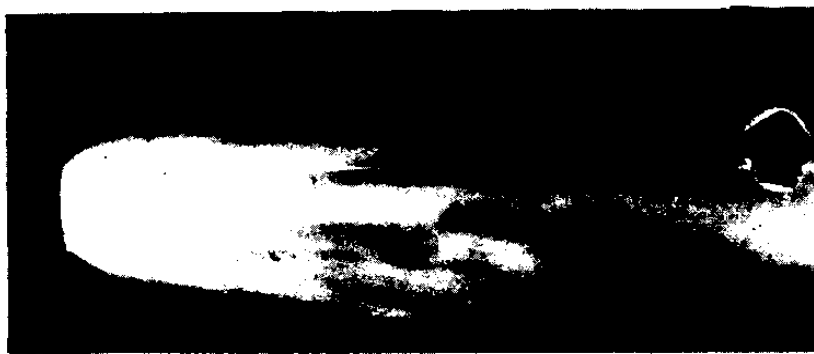


图 A1 某一发雷管的波形测试照片,扫描速度为 $1.5\text{mm}/\mu\text{s}$ 。

A2 在底片测量仪上调整底片位置,使底片运动时分划板上的十字线始终与测量基准线重合。

A3 测量标尺高度和标尺静止象高度、波形时间零点、波形中点、波形图上若干对对称点的 x_i' 、 y_i' 值。

标尺静止象高度: $I' = 19.28\text{mm}$

标尺高度: $I = 40\text{mm}$

波形图上若干分点的 x_i' 、 y_i' 值见表 A1。

A4 底片数据计算

A4.1 计算物象放大倍率 β :

$$\beta = \frac{I'}{I} = \frac{19.28}{40} = 0.482 \quad \dots\dots\dots (A1)$$

A4.2 计算与 x_i' 、 y_i' 值对应的 t_i 和 y_i 值见表 A1。

A5 列出数据表格、绘出波形曲线、确定波形时间极差。

依据表中数值绘出波形曲线:选波形对称轴为时间坐标轴(设波形曲线上迟后时间零点的时间为负,故取时间坐标向右为负),通过波形时间零点并垂直于对称轴的轴线为空间坐标轴(取波形曲线中点上部坐标为正,下部坐标为负)。波形曲线如图 A2 所示:

表 A1 底片测量和计算数据表

X_i' (mm)	36.15	36.08	36.03	35.99	35.95	35.94	35.91	35.95	35.98	36.04	36.08	36.15	36.21
$t_i = \frac{\Delta X_i'}{V_p}$ (μs)	0.16	0.11	0.08	0.05	0.03	0.02	0	0.03	0.05	0.09	0.11	0.16	0.20
Y_i' (mm)	57.79	58.19	58.59	58.99	59.39	59.79	60.20	60.61	61.01	61.41	61.81	62.21	62.61
$Y_i = \frac{\Delta Y_i'}{\beta}$ (mm)	5	4.17	3.34	2.51	1.68	0.85	0	0.85	1.68	2.51	3.34	4.17	5

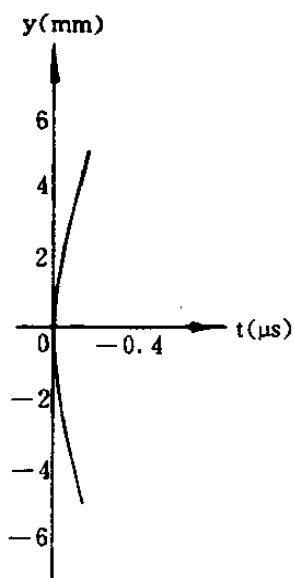


图 A2 波形曲线

波形时间极差为 $0.20\mu\text{s}$ 。

A6 计算一组雷管波形时间极差平均值和标准差。

列出波形时间极差数据：

$$\begin{aligned}
 t_1 &= 0.20\mu\text{s}; & t_2 &= 0.21\mu\text{s}; & t_3 &= 0.21\mu\text{s}; \\
 t_4 &= 0.22\mu\text{s}; & t_5 &= 0.22\mu\text{s}; & t_6 &= 0.23\mu\text{s}; \\
 t_7 &= 0.24\mu\text{s}。
 \end{aligned}$$

波形时间极差平均值 $\bar{t}$ ：

$$\bar{t} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n t_i = 0.22\mu\text{s} \dots\dots\dots (\text{A2})$$

标准差 S :

$$S = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (t_i - \bar{t})^2} = 0.01 \mu\text{s} \dots\dots\dots (\text{A3})$$

A7 波形对称性、平直度和均一性的检验

对称性检验:本例中由表 A1 可计算每对对称点的波形时间差的差值。选六对对称点,其波形时间差的差值为:

$$\begin{aligned} \Delta t_1 &= 0.01 \mu\text{s} & \Delta t_2 &= 0.02 \mu\text{s} & \Delta t_3 &= 0.04 \mu\text{s} \\ \Delta t_4 &= 0.03 \mu\text{s} & \Delta t_5 &= 0.05 \mu\text{s} & \Delta t_6 &= 0.04 \mu\text{s} \end{aligned}$$

故该发试验中对称点的波形时间差的最大差值为 $0.05 \mu\text{s}$ 。

若 $0.05 \mu\text{s}$ 小于或等于技术条件规定的数值,即认为该发试验波形对称性合格。

采用同样方法可判别本组试验中其余六发的对称性是否合格。在一组试验中,若每发的波形对称性合格则认为该组产品波形对称性合格。

平直度检验:本组试验中,由 A6 可看出波形时间极差最大的一发为:

$$t_7 = 0.24 \mu\text{s}$$

若 $0.24 \mu\text{s}$ 小于或等于技术条件规定的数值,则认为平直度合格。

均一性检验:本例中由 A6 看出波形时间极差最小的一发为 $0.20 \mu\text{s}$,最大的一发为 $0.24 \mu\text{s}$,标准差为 $0.01 \mu\text{s}$,数值变化范围不大,同时由波形曲线上看出波形时间极差出现的位置都在雷管输出端面直径一端上,重现性较好,故可认为该产品均一性较好。

附加说明:

本标准由中华人民共和国机械电子工业部提出。

本标准由机械电子工业部第二一三研究所负责起草。

本标准主要起草人:马思孝。