



中华人民共和国国家军用标准

FL 1375

GJB 5309.19-2004

代替 GJB 736.1-1989

火工品试验方法 第 19 部分：电雷管爆炸轴向冲击波波形测定

Test methods of initiating explosive devices—
Part 19: Measurement of axial shockwave pattern generated
by electric detonator detonating

2004-09-01 发布

2004-12-01 实施

国防科学技术工业委员会 发布

前 言

GJB 5309《火工品试验方法》分为 38 个部分：

- 第 1 部分：总则；
- 第 2 部分：泄漏试验 气泡法；
- 第 3 部分：泄漏试验 氦气法；
- 第 4 部分：桥路直流电阻测定；
- 第 5 部分：发火后桥路开路电阻测定；
- 第 6 部分：绝缘电阻测定；
- 第 7 部分：介质耐受电压试验；
- 第 8 部分：针刺感度试验；
- 第 9 部分：电发火感度试验；
- 第 10 部分：电火工品不发火验证试验；
- 第 11 部分：1A1W5min 不发火试验；
- 第 12 部分：射频阻抗测定；
- 第 13 部分：射频感度试验；
- 第 14 部分：静电放电试验；
- 第 15 部分：杂散电流试验；
- 第 16 部分：钢块凹痕试验；
- 第 17 部分：铝块凹痕试验；
- 第 18 部分：铅板试验；
- 第 19 部分：电雷管爆炸轴向冲击波波形测定；
- 第 20 部分：有机玻璃隔板试验；
- 第 21 部分：雷管作用时间测定；
- 第 22 部分：爆炸同步性测定 探针法；
- 第 23 部分：发火同步性测定 光电法；
- 第 24 部分：点火压力-时间曲线测定；
- 第 25 部分：火帽火焰长度和持续时间测定；
- 第 26 部分：桥丝熔断时间测定；
- 第 27 部分：温度冲击试验；
- 第 28 部分：高温暴露试验；
- 第 29 部分：烤爆试验；
- 第 30 部分：湿热试验；
- 第 31 部分：浸水试验；
- 第 32 部分：高频振动试验；
- 第 33 部分：震动试验；
- 第 34 部分：振动试验；
- 第 35 部分：12m 跌落试验；
- 第 36 部分：2m 跌落试验；
- 第 37 部分：锤击试验；

GJB 5309.19-2004

——第 38 部分：冲击试验。

本部分为 GJB 5309 的第 19 部分。

本部分代替 GJB 736.1-1989 《火工品试验方法 电雷管爆炸轴向冲击波波形测试》。

本部分与 GJB 736.1-1989 相比主要变化如下：

——编排格式按 GJB 6000-2001 作了修改；

——增加了目的、一般要求、试验条件、结果评定和注意事项五章。

本部分的附录 A 为资料性附录。

本部分由中国兵器工业集团公司提出。

本部分由中国兵器工业标准化研究所归口。

本部分起草单位：中国兵器工业第二一三研究所、中国兵器工业标准化研究所。

本部分主要起草人：马思孝、王魁全、刘虹秋、徐汉宣、刘天新、褚恩义、任丽萍。

本部分所代替标准历次版本发布情况：GJB 736.3-1989。

火工品试验方法

第 19 部分：电雷管爆炸轴向冲击波波形测定

1 范围

本部分规定了电雷管爆炸轴向冲击波波形测定的仪器、设备和装置、试验条件、试验程序、数据处理、结果评定以及注意事项。

本部分适用于符合下列条件电雷管的轴向冲击波波形对称性、平直度和均一性的测定：

——作用时间不大于 250 μ s；

——雷管爆炸后能在所使用的胶片上形成的图像黑密度大于 1.0D(对弱发光的电雷管可采用增光措施)。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本部分的引用而成为本部分的条款。凡是注日期的引用文件，其随后所有的修改单(不包含勘误的内容)或修订版均不适用于本部分，然而，鼓励根据本部分达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本部分。

GB/T 3191 铝及铝合金挤压棒材

GB/T 3360 数据的统计处理和解释 均值的估计和置信区间

GJB 5309.1 火工品试验方法 第 1 部分：总则

3 目的

测定电雷管爆炸在轴向产生的冲击波波形，为使用电雷管(以下简称雷管)的系统设计提供基础数据。

4 术语和定义

下列术语和定义适用于本部分。

4.1

波形曲线 waveform curve

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)图像，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。

4.2

波形曲线中点 midpoint of waveform curve

波形曲线上与雷管输出端端面中心点相对应的点。

4.3

波形时间零点 zero of waveform time

波形曲线上与雷管波形图像最早感光点相对应的点。

4.4

波形时间极差 extremum difference of waveform time

波形曲线上对应于雷管波形图像上最早感光点与最后感光点之间的时间差。

4.5

波形对称轴 symmetrical axes of waveform

通过波形曲线中点并与雷管波形图像扫描方向平行的直线。

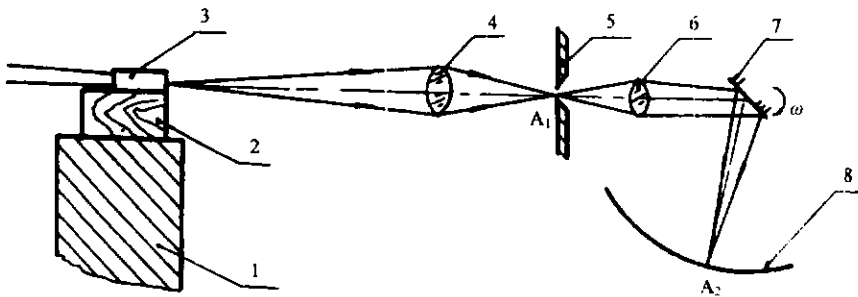
4.6

波形对称点 symmetrical point of waveform

波形曲线上与对称轴距离相等的两点。

5 原理

采用高速扫描摄影技术记录雷管爆炸后在其轴向输出端端面直径方向上的初始冲击波波形。试验原理图见图 1。



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

图 1

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像 A₁，狭缝所截取的像 A₁ 通过转像物镜 6 及高速转镜 7 反射后在固定不动的胶片 8 上再次成像 A₂，当高速转镜以 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像。通过对底片测量和数值计算，可获得雷管波形的有关数据，检验雷管波形的对称性、平直度和均一性。

6 一般要求

使用本部分应遵守 GJB 5309.1 的有关规定。

7 仪器、设备和装置

7.1 高速扫描摄影机

使用时间分辨率不低于 10^{-8} s 的高速扫描摄影机，推荐使用 GSJ 型、SJZ-15 型。

7.2 底片测量仪

使用测量精度不低于 0.01mm 的底片测量仪。推荐使用体视比较仪、大型工具显微镜。

7.3 黑白密度计

黑白密度计应满足测量精度 $\pm 0.05D$ 、测量范围 $0D \sim 4D$ 的要求。

7.4 游标卡尺

游标卡尺的测量精度不应低于 0.02mm。

7.5 点火装置

点火装置见图 2。

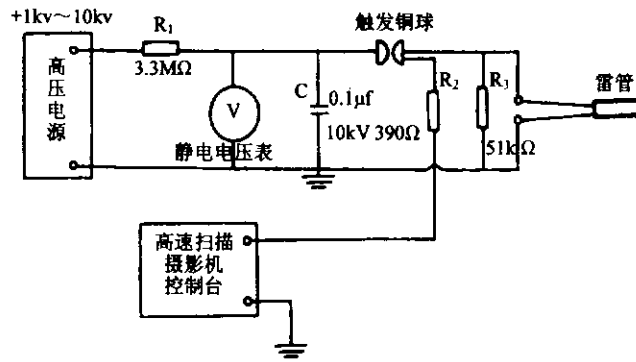
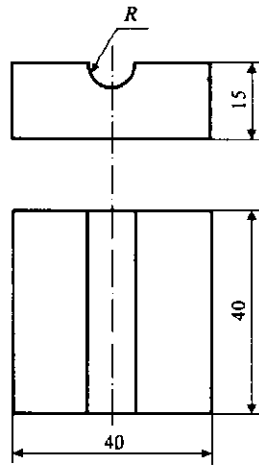


图 2

7.6 固定雷管用木块

固定雷管用的木块见图 3。

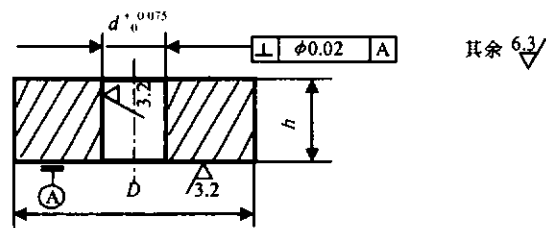


R—等于被测雷管外径的一半

图 3

7.7 雷管套筒

雷管套筒见图 4。



材料：铝 2A12-T4 GB/T 3191

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

图 4

8 试验条件

高速扫描摄影机属精密光学仪器，应在干燥、清洁的室内工作，环境温度为 15°C~28°C，相对湿度不大于 70%。

9 试验程序

9.1 试验准备

9.1.1 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率,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。

9.1.2 高速扫描摄影机控制台的准备

接通电源预热 20min~30min,检查摄影机控制台应工作正常。取出控制台高压钥匙。

9.2 装配雷管试验件

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,再用适当的方法(如用白胶布或胶带纸)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。

9.3 安装试验件

9.3.1 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并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像:当光孔处在光轴位置时,应使被拍摄雷管和标尺在调焦显微镜的分划板上清晰成像;当狭缝处在光轴位置时,狭缝应对准雷管输出端端面的中心。

9.3.2 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。

9.4 拍摄标尺和雷管静止像及底片测量基准线

把装有胶片的暗盒装入相机暗箱,拍摄标尺和雷管静止像及底片测量基准线。

9.5 拍摄雷管爆炸的动态像

从爆炸塔内取出标尺及其他物品,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,按高速扫描摄影机控制台操作程序,输出高压点火脉冲起爆雷管,拍摄雷管爆炸的动态像。

9.6 冲洗胶片

取出暗盒,按胶片冲洗程序冲洗胶片。

9.7 试验完成

重复 9.2~9.6,把要试验的雷管试验完后关闭仪器电源。

10 测量及测量数据的处理

10.1 标尺高度测量

用游标卡尺测量标尺的高度并记录。

10.2 底片测量

10.2.1 把静止像的底片放在底片测量仪上,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后,测量标尺静止像的高度。

10.2.2 把雷管爆炸动态像的底片放在底片测量仪上,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后,测量雷管波形中点、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 和 y'_i 值。

注: 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。

10.3 测量数据处理

10.3.1 按(1)式计算物像放大倍率 β :

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

式中:

I' ——标尺的成像高度,单位为毫米(mm);

I ——标尺的高度,单位为毫米(mm)。

10.3.2 按(2)式计算与 x'_i 值相对应的的时间 t_i ：

$$t_i = \frac{\Delta x'_i}{V_p} \dots\dots\dots (2)$$

式中：

t_i —— 波形前沿上某点与时间零点的时间差，单位为微秒(μs)；

$\Delta x'_i$ —— 波形前沿上同一点与时间零点的水平坐标差，单位为毫米(mm)；

V_p —— 扫描速度的数值，单位为毫米每微秒($\text{mm}/\mu\text{s}$)。

10.3.3 按(3)式计算与 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的数值，单位为毫米(mm)；

$\Delta y'_i$ —— 波形前沿上同一点与时间零点的垂直坐标差，单位为毫米(mm)；

β —— 物像放大倍率。

10.3.4 列出数据表格、绘出波形曲线、确定波形时间极差。

10.3.5 按 GB/T 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，数据准确到小数点后两位，单位为微秒(μs)。

10.4 雷管波形底片测量及数据处理示例

雷管波形底片测量及数据处理示例参见附录 A。

11 结果评定

11.1 波形对称性的判定

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。

11.2 波形平直度的判定

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。

11.3 波形均一性的判定

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，出现波形时间极差的位置及波峰、波谷等特征点的位置重现性较好，则认为该组雷管波形均一性较好。

12 注意事项

12.1 应严格按照高速摄影试验操作规程进行试验。

12.2 为确保试验质量，进行调焦和对像时，要求雷管轴线与光轴重合，应使雷管输出端面与光轴垂直。

12.3 对未做过雷管波形测试的雷管，每试验一发雷管应及时冲洗胶片，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像为止。然后按最佳试验条件测雷管波形。

12.4 当用控制台的高压输出点火脉冲不能直接起爆雷管时，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起爆雷管。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。

12.5 当被测雷管发光较弱使胶片上获得的图像黑密度达不到 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插入雷管套筒内再涂增光剂)等措施。

附 录 A
(资料性附录)

雷管波形底片测量及数据处理示例

A.1 雷管波形图像

对某种雷管做了一组七发试验,其中一发的波形图像如图 A.1 所示(扫描速度为 $1.5\text{mm}/\mu\text{s}$),其余六发的图像与此类似。

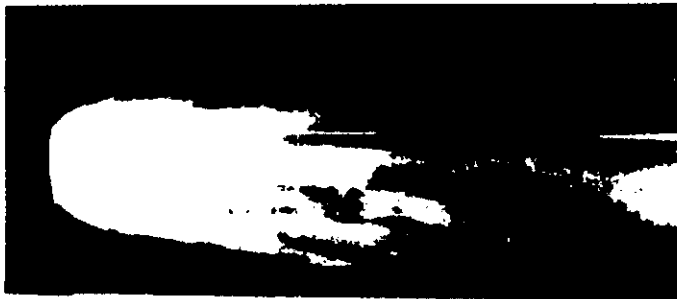


图 A.1

A.2 测量

A.2.1 用游标卡尺测量标尺的高度 I , 测量结果为 $I=40\text{mm}$ 。

A.2.2 用底片测量仪测量标尺的成像高度 I' , 测量结果为 $I'=19.28\text{mm}$ 。用同样方法测出其他六发试验标尺的成像高度 I' 。

A.2.3 用底片测量仪测量与雷管输出端对应的波形中点、波形图上若干对对称点的 x'_i 和 y'_i 值, 测量结果见表 A.1。用同样方法测出其他六发雷管的波形中点以及若干对对称点的 x'_i 和 y'_i 值。

A.3 测量数据处理

A.3.1 按公式(1)计算物像放大倍率 β , 计算结果为: $\beta = \frac{I'}{I} = \frac{19.28}{40} = 0.482$ 。用同样方法计算出其他六发雷管试验的 β 值。

A.3.2 按公式(2)和公式(3)分别计算与 x'_i 和 y'_i 值对应的 t_i 和 y_i 值, 计算结果见表 A.1。用同样方法计算出其他六发雷管试验与 x'_i 和 y'_i 值对应的 t_i 和 y_i 值。

表 A.1

参数名称	测 量 与 计 算 结 果												
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	5.00	4.17	3.34	2.51	1.68	0.85	0	0.85	1.68	2.51	3.34	4.17	5.00

A.3.3 绘出波形曲线、确定波形时间极差

依据表中的数据绘出该发雷管的波形曲线(见图A.2)。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)。绘出的波形曲线如图A.2所示,由波形曲线测出的该发雷管波形时间极差为 $0.20\mu\text{s}$ 。

依据其他六发雷管的数据绘出各发雷管的波形曲线,并由其波形曲线测出各发雷管波形时间极差。

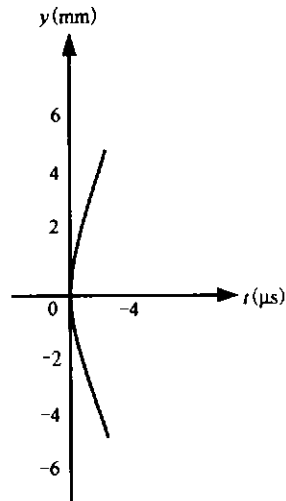


图 A.2

A.4 计算一组雷管波形时间极差平均值和标准差

根据一组七发雷管的波形时间极差数据,按公式(A.1)计算雷管波形时间极差平均值 \bar{t} ;按公式(A.2)计算标准差 S 。

$$\bar{t} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n t_i \dots\dots\dots (A.1)$$

$$S = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (t_i - \bar{t})^2} \dots\dots\dots (A.2)$$

七发雷管的波形时间极差数据为:该发雷管波形时间极差 $t_1=0.20\mu\text{s}$,其余六发雷管波形时间极差分别为 $t_2=0.21\mu\text{s}$; $t_3=0.21\mu\text{s}$; $t_4=0.22\mu\text{s}$; $t_5=0.22\mu\text{s}$; $t_6=0.23\mu\text{s}$; $t_7=0.24\mu\text{s}$ 。计算结果为: $\bar{t} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n t_i = 0.22\mu\text{s}$;

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

A.5 试验结果评定

A.5.1 波形对称性判定

由表A.1可计算每对对称点的波形时间差的差值,选六对波形对称点,其波形时间差的差值分别为:

$$\Delta t_1=0.03-0.02=0.01\mu\text{s}; \quad \Delta t_2=0.05-0.03=0.02\mu\text{s}; \quad \Delta t_3=0.09-0.05=0.04\mu\text{s};$$

$$\Delta t_4=0.11-0.08=0.03\mu\text{s}; \quad \Delta t_5=0.16-0.11=0.05\mu\text{s}; \quad \Delta t_6=0.20-0.16=0.04\mu\text{s}。$$

由所计算的数据中看出,该发雷管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,则认为该发雷管波形对称性合格。

用同样方法可判定其余六发雷管的波形对称性是否合格。

在一组试验中，若每发雷管的波形对称性合格则认为该组雷管波形对称性合格。

A. 5.2 波形平直度判定

由 A.4 的计算中可以看出本组七发雷管中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。

A. 5.3 波形均一性判定

由 A.4 中可以看出波形时间极差最小的一发为 $t_1=0.20\mu\text{s}$ ，最大的一发为 $t_7=0.24\mu\text{s}$ ，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及波峰、波谷出现的位置重现性较好，故认为该组雷管波形均一性较好。
