

中华人民共和国国家军用标准

FL 1375

GJB 5309.24-2004

代替 GJB 736.16-1994

火工品试验方法 第 24 部分：点火压力—时间曲线测定

Test methods of initiating explosive devices—
Part 24: Measurement of firing pressure-time curve

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. 24--2004

——第 38 部分：冲击试验。

本部分为 GJB 5309 的第 24 部分。

本部分代替 GJB 736.16-1994《火工品试验方法 点火压力-时间曲线测定》。

本部分与 GJB 736.16-1994 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、一般要求和结果评定三章。

本部分的附录 A 和附录 B 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。

本部分主要起草人：王魁全、马爱武、刘虹秋、徐汉宣。

本部分所代替标准历次版本发布情况：GJB 736.16-1994。

火工品试验方法

第 24 部分：点火压力-时间曲线测定

1 范围

本部分规定了点火压力-时间曲线测定的仪器、设备和装置、试验条件、试验程序、数据处理以及结果评定。

本部分适用于点火类火工品点火压力-时间曲线的测定。

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。

GJB 5309.1 火工品试验方法 第 1 部分：总则

3 目的

测定火工品点火压力-时间曲线(以下简称 $P-t$ 曲线)，评定其输出压力随时间变化的功能。

4 原理

对装在测压容器内的火工品施加规定的激发能量，火工品发火后产生的气体压力作用在压力传感器(以下简称传感器)上，使其输出一个和压力变化相对应的电信号，经放大器放大后，由记录系统处理给出 $P-t$ 曲线。试验原理框图见图1。

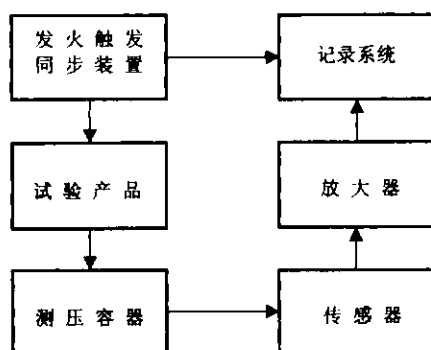


图1

5 一般要求

使用本部分应遵守 GJB 5309.1 的有关规定。

6 仪器、设备和装置

6.1 发火触发同步装置

发火触发同步装置应保证产品发火与仪器触发同步，触发信号脉冲幅度的绝对值不小于1V，脉冲前沿时间不大于10 μ s。

6.2 传感器

传感器应满足下列要求：

- 压力量程应为受试产品最大点火压力值的 1.2 倍~1.3 倍;
- 频率响应满足受试产品 $P-t$ 曲线测试的需要,并要求其低频端从 0Hz 开始;
- 非线性误差、滞后性误差和不重复性误差均应小于 1%。

6.3 测压容器

测压容器应满足下列要求:

- 测压容器的容积应接受试产品的要求设计;
- 腔体设计应保证受试产品的输出端正对传感器的受力面,并保证传感器受力面与腔体内壁口部平齐;
- 腔体与各部件连接螺纹应保证密封,不能漏气。

6.4 活塞式压力计

活塞式压力计的量程应满足传感器标定最大量程,其精度不低于 0.5 级。

6.5 放大器

放大器应满足下列要求:

- 低频端从 0Hz 开始,高频端高于传感器输出信号的最高频率;
- 最小电压输出达到伏级以上;
- 各种性能的相对误差绝对值小于 1%。

6.6 记录系统

记录系统由波形存贮、显示、打印和操作系统组成,应满足系统测试误差和频率要求。

7 试验条件

- 7.1 相对湿度不大于 65%。
- 7.2 除非另有规定,试验产品的发火方式、发火条件,应按产品技术条件的要求进行。
- 7.3 测试系统的整体技术指标,在静压标定后应满足如下要求:
 - 非线性误差不大于 2.0%;
 - 滞后性误差不大于 1.0%;
 - 不重复性误差不大于 1.5%;
 - 标定线不归零度不超过 $\pm 1.0\%$ 。

8 试验程序

8.1 试验准备

- 8.1.1 按图 1 连接 $P-t$ 曲线测试系统,按各仪器说明书的要求通电预热。
- 8.1.2 对选定的测压容器的容积进行标定,确定拟用的传感器。
- 8.1.3 按 7.2 的要求准备发火装置,桥丝类电点火器应按一组试验产品的平均电阻值调试规定的发火电流。
- 8.1.4 调试记录系统的输入触发电平,保证可靠触发。
- 8.1.5 将传感器安装在活塞式压力计上,并接好传感器与放大器间的连线。
- 8.1.6 向传感器施加少许压力,通过仪表看其输出信号方向。加压时,信号应是正极性,并呈上升趋势。
- 8.1.7 调节放大器的“调零”电位器,使传感器不平衡输出在 $-3\text{mV}\sim 3\text{mV}$ 之间。
- 8.1.8 向传感器施加静压标定的最大点火压力,调节放大器的“增益”开关,使其输出达到或接近记录仪的输入量程值。

8.2 静压标定

8.2.1 再次检查传感器平衡状态,其不平衡输出应符合 8.1.7 的规定。

8.2.2 每次试验前应对传感器进行静压标定。标定的压力间隔数一般不少于四个,压力间隔相等。静压标定时,升压、降压过程各两次。

8.2.3 静压标定技术指标,应符合 7.3 的规定。如不符合,应查明原因,采取措施(如更换传感器),重新进行标定,直到结果符合 7.3 的规定为止。

8.3 安装

8.3.1 将标定后的传感器同试验产品一起安装在测压容器上,确保密封。

8.3.2 固定好装有试验产品和传感器的测压容器,接好传感器引线、发火线、触发线及其他有关连线,使系统处于待测状态。

8.4 $P-t$ 曲线测定

8.4.1 再次检查各仪器工作状态,放大器的不平衡输出应符合 8.1.7 的规定。

8.4.2 接通发火同步装置的测量开关,对试验产品施加规定的激发能量,产品发火,同时记录系统触发并完成采集动态信号的过程,即显示出 $P-t$ 曲线,并给出最大点火压力 P_m 值及最大点火压力时间 t_m 值。

8.4.3 试验后清洗测压容器。

8.4.4 重复 8.3.2、8.4.1~8.4.3,将所有试验产品试验完。

8.4.5 一组试验产品试验后,计算出该组试验产品的最大点火压力的平均值 \bar{P}_m 及其标准偏差 S_p 和最大点火压力时间平均值 \bar{t}_m 及其标准偏差 S_t 。

9 数据处理

9.1 计量单位及数值的有效位数应符合以下规定:

- 压力单位为兆帕(MPa);
- 时间单位为毫秒(ms);
- 电压单位为伏(V);
- 有效位数取一位小数。

9.2 静压标定、 $P-t$ 曲线的数据处理及计算方法参照附录 A 进行。

9.3 试验结果的报出格式参照附录 B。

10 结果评定

试验结果符合产品技术条件要求为合格,否则为不合格。

附录 A
(资料性附录)
数据处理及计算方法

A.1 静压标定中参数计算方法

A.1.1 标定线有效电压平均值计算

静压标定为两次升压和两次降压标定过程，标定线见图A.1。

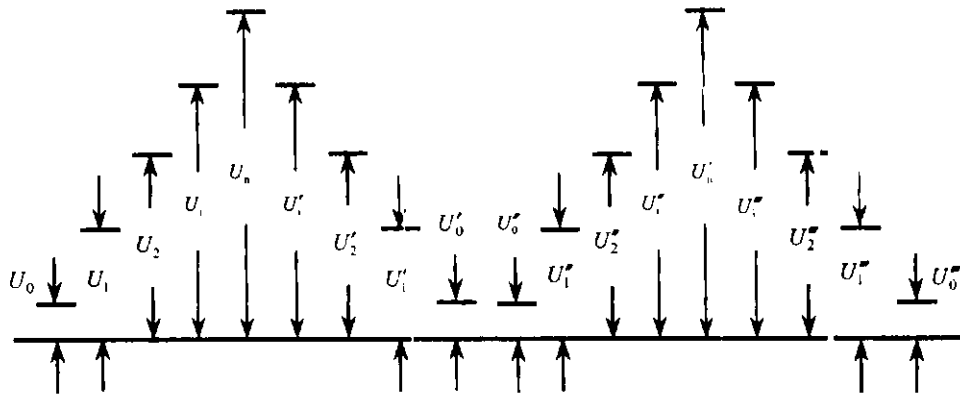


图 A.1

按公式(A.1)计算标定线有效电压平均值。

$$\Delta U_i = \bar{U}_i - \bar{U}_0 \dots\dots\dots (A.1)$$

当 $i < n$ 时 $\bar{U}_i = \frac{U_i + U'_i + U''_i + U'''_i}{4}$

当 $i = n$ 时 $\bar{U}_i = \frac{U_n + U'_n}{2}$

式中：

- ΔU_i —— 标定线有效电压平均值，单位为伏(V)；
- \bar{U}_i —— 标定线电压平均值，单位为伏(V)；
- \bar{U}_0 —— 标定零线电压平均值，单位为伏(V)；
- n —— 标定间隔数；
- i —— 标定间隔序号；
- $U_i, U'_i, U''_i, U'''_i, U_n, U'_n$ —— 标定线各间隔电压值，单位为伏(V)。

A.1.2 非线性计算

按公式(A.2)计算非线性。

$$\delta = \frac{\left(i \frac{\Delta \bar{U}_n}{n} - \Delta \bar{U}_i \right)_m}{\Delta \bar{U}_n} \times 100\% \dots\dots\dots (A.2)$$

式中：

- δ —— 非线性，%；
- $\Delta \bar{U}_n$ —— 最大标定线有效电压平均值，单位为伏(V)；
- m —— 表示最大值。

A.1.3 滞后性计算

按公式(A.3)计算滞后性。

$$\eta = \frac{1}{2} \frac{(U'_i - U_i + U''_i - U_i'')}{\Delta \bar{U}_n} \times 100 \dots\dots\dots (A.3)$$

式中:

η ——滞后性, %;

U'_i, U''_i ——标定线下降时第*i*个间隔电压值, 单位为伏(V);

U_i, U_i'' ——标定线上升时第*i*个间隔电压值, 单位为伏(V)。

A.1.4 不重复性计算

按公式(A.4)和(A.5)计算不重复性, 取其中最大值。

$$\theta = \frac{U''_i - U_i}{\Delta \bar{U}_n} \times 100 \text{ (压力上升情况)} \dots\dots\dots (A.4)$$

$$\theta = \frac{U_i'' - U_i'}{\Delta \bar{U}_n} \times 100 \text{ (压力下降情况)} \dots\dots\dots (A.5)$$

式中:

θ ——不重复性误差, %。

A.1.5 不归零度计算

按公式(A.6)计算标定线不归零度。

$$\gamma_b = \frac{1}{2} \frac{(U'_0 - U_0 + U''_0 - U_0'')}{\Delta \bar{U}_n} \times 100\% \dots\dots\dots (A.6)$$

式中:

γ_b ——标定线不归零度, %;

U_0, U'_0, U''_0, U_0'' ——标定线各次零线电压值, 单位为伏(V)。

A.1.6 内插系数计算

按公式(A.7)计算内插系数。

$$K_i = \frac{P_i - P_{i-1}}{\Delta \bar{U}_i - \Delta \bar{U}_{i-1}} \dots\dots\dots (A.7)$$

式中:

K_i ——第*i-1*和第*i*个间隔间的内插系数, 单位为每伏兆帕(MPa/V);

P_{i-1} ——第*i-1*个间隔的压力值, 单位为兆帕(MPa);

P_i ——第*i*个间隔的压力值, 单位为兆帕(MPa)。

A.2 *P-t* 曲线数据计算方法

A.2.1 曲线测量点的确定

P-t 曲线见图 A.2, 以曲线上压力座标最高点为最大压力 P_m , 其对应的时间为最大压力时间 t_m 。

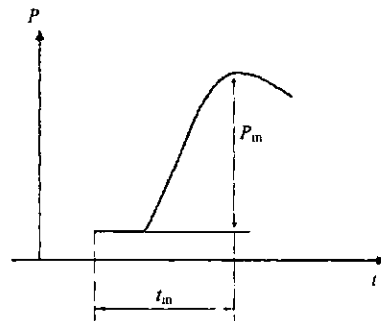


图 A.2

A. 2. 2 最大压力的计算

按公式(A.8)或(A.9)计算最大压力(P_m)。

当 $\Delta U_m = \Delta \bar{U}_i$ 时,

$$P_m = P_i \dots\dots\dots (A.8)$$

当 $\Delta \bar{U}_{i-1} < \Delta U_m < \bar{U}_i$ 时,

$$P_m = P_{i-1} + K_i(\Delta U_m - \Delta \bar{U}_{i-1}) \dots\dots\dots (A.9)$$

式中:

ΔU_m —— $P-t$ 曲线上最高点电压有效值, 单位为伏(V);

P_i —— 静压标定时, $\Delta \bar{U}_i$ 对应的压力值, 单位为兆帕(MPa);

P_{i-1} —— 静压标定时 $\Delta \bar{U}_{i-1}$ 对应的压力值, 单位为兆帕。

A. 2. 3 最大压力时间的计算

按公式(A.10)计算最大压力时间(t_m)。

$$t_m = D_m \cdot N \dots\dots\dots (A.10)$$

式中:

D_m —— 在数字系统采集的 $P-t$ 曲线上, P_m 对应的地址数, 单位为字(字);

N —— 瞬态波形存储器写入速率, 单位为每字微妙($\mu s / 字$)。

A. 2. 4 一组试验产品压力、时间平均值的计算

按公式(A.11)和(A.12)计算一组试验产品最大压力平均值和最大压力时间平均值。

$$\bar{P}_m = \frac{\sum_{i=1}^n P_{m_i}}{n} \dots\dots\dots (A.11)$$

式中:

\bar{P}_m —— 一组试验产品最大压力平均值, 单位为兆帕(MPa);

P_{m_i} —— 各发试验产品最大压力值, 单位为兆帕(MPa);

n —— 一组试验产品的发数。

$$\bar{t}_m = \frac{\sum_{i=1}^n t_{m_i}}{n} \dots\dots\dots (A.12)$$

式中:

\bar{t}_m —— 一组试验产品最大压力时间平均值, 单位为毫秒(ms);

t_{m_i} —— 各发试验产品最大压力时间值, 单位为毫秒(ms)。

A. 2. 5 一组试验产品压力、时间标准偏差的计算

按公式(A.13)和(A.14)计算一组试验产品最大压力的标准偏差和最大压力时间的标准偏差。

$$s_p = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (P_{m_i} - \bar{P}_m)^2}{n-1}} \dots\dots\dots (A.13)$$

$$s_t = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (t_{m_i} - \bar{t}_m)^2}{n-1}} \dots\dots\dots (A.14)$$

式中:

s_p —— 一组试验产品最大压力的标准偏差, 单位为兆帕(MPa);

s_t —— 一组试验产品最大压力时间的标准偏差, 单位为毫秒(ms)。

附录 B
(资料性附录)
试验结果报出格式示例

试验条件示例见表B.1；静压标定及技术指标示例见表B.2；试验结果示例见表B.3。

表B.1

序号	名称	示例
1	试验日期	1989.1.25
2	实验室的温度	15°C
3	实验室的相对湿度	35%
4	试验产品名称	301-2
5	试验产品电阻	2.5Ω
6	发火条件	1A
7	传感器型号编号	BPR-2/100*846521 [#]
8	放大器增益	10
9	记录仪器输入量程	1V
10	测压容器容积	9.5ml

表B.2

名称	示例
$P=0\text{MPa}$	$U=(0)=0\text{V}$
$P=2.0\text{MPa}$	$U=(2.0)=0.2\text{V}$
$P=4.0\text{MPa}$	$U=(4.0)=0.4\text{V}$
$P=5.0\text{MPa}$	$U=(6.0)=0.6\text{V}$
$P=6.0\text{MPa}$	$U=(8.0)=0.8\text{V}$
$P=10.0\text{MPa}$	$U=(10.0)=0.996\text{V}$
非线性=0.52% 滞后性=0.34% 不重复性=0.08% 不归零度=0%	

表B.3

序号	压力	时间
1	$P_m=5.673\text{MPa}$	$t_m=1.340\text{ms}$
2	$P_m=5.764\text{MPa}$	$t_m=1.420\text{ms}$
3	$P_m=5.689\text{MPa}$	$t_m=1.360\text{ms}$
4	$P_m=5.734\text{MPa}$	$t_m=1.460\text{ms}$
5	$P_m=5.546\text{MPa}$	$t_m=1.530\text{ms}$
6	$P_m=5.682\text{MPa}$	$t_m=1.380\text{ms}$
7	$P_m=5.896\text{MPa}$	$t_m=1.270\text{ms}$
8	$P_m=5.694\text{MPa}$	$t_m=1.420\text{ms}$
9	$P_m=5.328\text{MPa}$	$t_m=1.350\text{ms}$
10	$P_m=5.748\text{MPa}$	$t_m=1.300\text{ms}$
$\bar{P}_m=5.675\text{MPa}$ $s_p=0.150\text{MPa}$	$\bar{t}_m=1.383\text{ms}$ $s_t=0.077\text{ms}$	

