



中华人民共和国国家军用标准

FL 1375

GJB 736.16—94

火工品试验方法 点火压力—时间曲线测定

Test method for initiating explosive devices
—Determining the firing pressure—time curve

1994—04—28 发布

1994—12—01 实施

国防科学技术工业委员会 批准

中华人民共和国国家军用标准

火工品试验方法 点火压力—时间曲线测定

GJB 736.16-94

Test method for initiating explosive devices
—Determining the firing pressure—time curve

1 主题内容与适用范围

本标准规定了测定火工品点火压力—时间曲线(以下简称 $p-t$ 曲线)所用的仪器设备、试验条件、试验程序及试验结果处理。

本标准适用于电点火具、撞击底火等产品 $p-t$ 曲线的测定。其它点火器材的 $p-t$ 曲线测定亦可参照使用。

2 方法原理

对装在测压容器内的受试产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,即可测出 $p-t$ 曲线。试验原理框图见图 1。

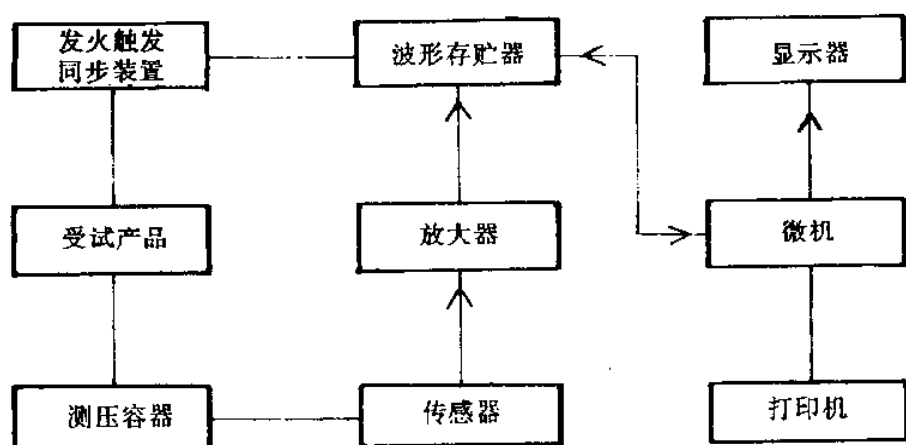


图 1 试验原理框图

3 仪器设备

3.1 发火触发同步装置

- a. 推荐用 CGY-1 型撞击感度仪作为撞击底火的发火装置。
- b. 触发信号脉冲幅度的绝对值不小于 1V, 其脉冲前沿时间不大于 $10\mu\text{s}$ 。

3.2 传感器

- a. 传感器压力量程应大于受试产品的最大点火压力值的 20~30%。
- b. 传感器的频响应满足受试产品 $p-t$ 曲线测试的需要, 并要求其低频端从 0 Hz 开始。
- c. 传感器的非线性误差, 滞后性误差和不重复性误差均应小于 1%。
- d. 推荐采用 BPR-2 型压力传感器。

3.3 测压容器

- a. 测压容器的容积应接受试产品的要求设计。
- b. 测压容器的腔体设计应保证受试产品的输出端不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。
- c. 测压容器腔体与各部件连接螺纹必须保证密封, 不能漏气。

3.4 活塞式压力计

量程应满足传感器标定最大量程, 其精度不低于 0.5 级。

3.5 放大器

- a. 低频端应从 0 Hz 开始, 高频端应高于传感器输出信号的最高频率;
- b. 最小电压输出应达到伏级以上;
- c. 各种性能的相对误差绝对值小于 1%;
- d. 推荐用 YF 系列应变放大器。

3.6 记录仪器

应满足系统测试误差和频率要求。推荐用 BC 系列瞬态波形存贮器和微机(型号任选)组成的数字系统。

4 试验条件

4.1 实验室温度在 15~35℃ 范围内; 相对湿度不大于 65%。

4.2 除非另有规定, 受试产品的发火方式、发火条件, 应接受试产品的要求进行。

4.3 测试系统的整体技术指标, 在静压标定后应满足如下要求:

- a. 非线性误差 不大于 2.0%;
- b. 滞后性误差 不大于 1.0%;
- c. 不重复性误差 不大于 1.5%;
- d. 标定线不归零度 不超过 $\pm 1.0\%$ 。

5 对计算机程序的基本要求

5.1 用于测定 $p-t$ 曲线的计算机程序(以下简称程序), 应以主菜单方式工作。程序应给出静压标定、数据采集、屏幕作图及计算 4 个子功能程序。主菜单与子程序关系见图 2。

5.2 在静压标定之前一般应键入以下内容(视情况可有增减):

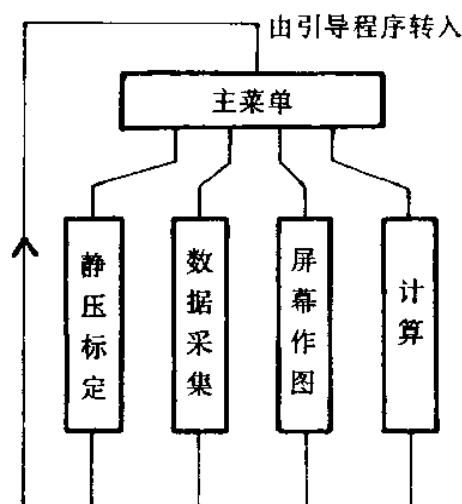


图2 主菜单与子程序关系

- a. 试验日期；
- b. 实验室温度及相对湿度；
- c. 受试产品名称；
- d. 发火条件；
- e. 测压容器的容积；
- f. 传感器型号、编号；
- g. 放大器增益；
- h. 瞬态波形存储器输入量程；
- j. 静压标定等间隔压力值。

5.3 计量单位及数值的有效位数应符合以下规定：

- a. 压力 MPa；
- b. 时间 ms；
- c. 电压 V；
- d. 压力、时间及电压值的有效位数，均取三位小数。

5.4 应能保证显示器上显示 $p-t$ 曲线、计算结果并打印出如下内容：

- a. 静压标定各等间隔压力值及对应的电压有效平均值；
- b. 4.3 中各项技术指标值；
- c. 各发产品的 $p-t$ 曲线、最大点火压力值及最大点火压力时间值；
- d. 一组产品的最大点火压力平均值 $\bar{P}_m$ 、最大点火压力时间平均值 $\bar{t}_m$ 、最大点火压力标准偏差值 s_p 、最大点火压力时间标准偏差值 s_t 。

6 试验程序

6.1 试验准备

6.1.1 按图 1 将各测试仪器连接成测试系统，按各仪器说明书的要求通电预热。

- 6.1.2 对选定的测压容器的容积进行标定。
- 6.1.3 发火装置和发火条件应符合 4.2 中要求;确定拟用的传感器。
- 6.1.4 调试记录系统的输入触发电平,保证可靠触发。
- 6.1.5 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。
- 6.1.6 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。
- 6.1.7 通过调节放大器“调零”电位器,使传感器不平衡输出在 $-3\text{mV}\sim+3\text{mV}$ 之间。
- 6.1.8 向传感器施加静压标定的最大点火压力,通过调节放大器的“增益”开关,使其输出达到或接近记录仪器输入量程值。

6.2 静压标定

- 6.2.1 再次检查传感器平衡状态,其不平衡输出应符合 6.1.7 的规定。
- 6.2.2 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小于 4 个,压力间隔相等。静压标定时,升压、降压过程各两次。
- 6.2.3 静压标定技术指标,应符合 4.3 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 4.3 的规定为止。

6.3 安装

- 6.3.1 将标定后的传感器同受试产品一起按 3.3 中 b 条的要求安装在测压容器上,确保密封。
- 6.3.2 固定好装有受试产品和传感器的测压容器,接好传感器引线、发火线、触发线及其它有关连线,使系统处于待测状态。

6.4 p—t 曲线测定

- 6.4.1 再次检查各仪器工作状态,放大器的不平衡输出应符合 6.1.7 的规定。
- 6.4.2 对受试产品施加其技术条件规定的激发能量,记录系统同时触发,受试产品发火,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值 t_m 。
- 6.4.3 试验后清洗测压容器。
- 6.4.4 重复 6.3.2~6.4.3 试验程序,进行下一发试验。
- 6.4.5 一组产品试验后,计算出该组受试产品的最大点火压力的平均值 $\bar{P}_m$ 及其标准偏差 S_p ;最大点火压力时间平均值 $\bar{t}_m$ 及其标准偏差 S_t 。

7 试验结果的处理

- 7.1 静压标定、p—t 曲线的数据处理及计算方法参见附录 A(参考件)。
- 7.2 试验结果的报出格式参见附录 B(参考件)。

附录 A

数据处理和计算方法

(参考件)

A1 静压标定中参数计算方法

A1.1 标定线有效电压平均值计算

静压标定线如图 A1 所示,为两次升压和两次降压标定过程。

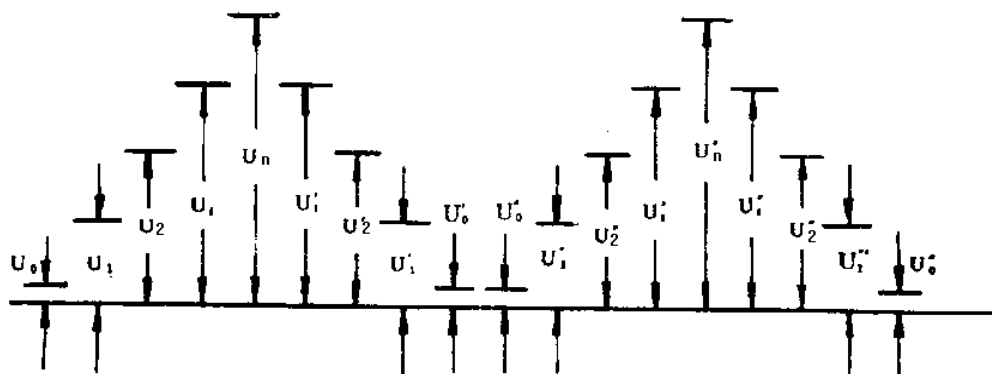


图 A1 静压标定曲线

按公式(A1)计算标定线有效电压平均值

$$\Delta \bar{U}_i = \bar{U}_i - \bar{U}_0 \quad \dots\dots\dots (A1)$$

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

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

式中: $\Delta \bar{U}_i$ 标定线有效电压平均值, V;

$\bar{U}_i$ 标定线电压平均值, V;

$\bar{U}_0$ 标定线零线电压平均值, 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, V。

A1.2 非线性计算

按公式(A2)计算非线性:

$$\delta = \frac{\left(i \frac{\Delta \bar{U}_n}{n} - \Delta \bar{U}_i \right)_m}{\Delta \bar{U}_n} \times 100 \quad \dots\dots\dots (A2)$$

式中: δ 非线性, %;

$\Delta \bar{U}_i$ 最大标定线有效电压平均值, V;

m 表示取最大值。

A1.3 滞后性计算

按公式 A3 计算滞后性。

$$\eta = \frac{\frac{1}{2}(U'_i - U_i + U''_i - U''_i)_m}{\Delta U_n} \times 100 \quad \text{..... (A3)}$$

式中: η 滞后性, %;

U'_i, U''_i 标定线下降时第 i 个间隔电压值, V;

U_i, U''_i 标定线上升时第 i 个间隔电压值, V。

A1.4 不重复性计算

按公式(A4)或(A5)计算不重复性。

$$\theta = \frac{U''_i - U_i}{\Delta U_n} \times 100 \quad \text{(压力上升情况) (A4)}$$

$$\theta = \frac{U''_i - U_i}{\Delta U_n} \times 100 \quad \text{(压力下降情况) (A5)}$$

取其中最大值。

式中: θ 不重复性误差, %。

A1.5 不归零度计算

按公式(A6)计算标定线不归零度。

$$\gamma_b = \frac{\frac{1}{2}(U'_0 - U_0 + U''_0 - U''_0)}{\Delta U_n} \times 100 \quad \text{..... (A6)}$$

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, V。

A1.6 内插系数计算

按公式(A7)计算内插系数。

$$K_i = \frac{P_i - P_{i-1}}{\Delta U_i - \Delta U_{i-1}} \quad \text{..... (A7)}$$

式中: K_i 第 $i-1$ 个和第 i 个间隔间的内插系数, MPa/V;

P_{i-1}, P_i 第 $i-1$ 和第 i 个间隔的压力值, MPa。

A2 p-t 曲线数据计算方法**A2.1 曲线测量点的确定**

如图 A2 所示, 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 。

A2.2 最大压力的计算

按公式(A8)或(A9)计算最大压力(P_m):

$$\text{当 } \Delta U_m = \Delta \bar{U} \text{ 时 } P_m = P_i \quad \text{..... (A8)}$$

式中: ΔU_m p-t 曲线上最高点电压有效值, V;

P_i 静压标定时, ΔU_i 对应的压力值, MPa。

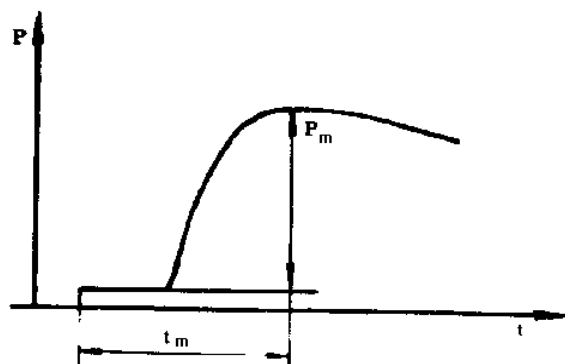


图 A2 p-t 曲线

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

$$P = P_{i-1} + K_i(\Delta U_m - \Delta\bar{U}_{i-1}) \quad \text{..... (A9)}$$

式中: P_{i-1} 静压标定时 $\Delta\bar{U}_{i-1}$ 对应的压力值, MPa。

A2.3 最大压力时间的计算

按公式(A10)计算最大压力时间(t_m):

$$t_m = D_m \cdot N \quad \text{..... (A10)}$$

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, 字;

N 瞬态波形存贮器写入速率, $\mu\text{s}/\text{字}$ 。

A2.4 一组受试产品压力、时间平均值的计算

按公式(A11)和(A12)计算一组受试产品最大压力平均值和最大压力时间平均值:

$$\bar{P}_m = \frac{\sum_{i=1}^n P_{m_i}}{n} \quad \text{..... (A10)}$$

式中: $\bar{P}_m$ 一组受试产品最大压力平均值, MPa;

P_{m_i} 各发受试产品最大压力值, MPa;

n 一组受试产品发数。

$$\bar{t}_m = \frac{\sum_{i=1}^n t_{m_i}}{n} \quad \text{..... (A12)}$$

式中: $\bar{t}_m$ 一组受试产品最大压力时间平均值, ms;

t_{m_i} 各发受试产品最大压力时间, ms。

A2.5 一组受试产品压力、时间标准偏差的计算

按公式(A13)和(A14)计算一组受试产品最大压力的标准偏差和最大压力时间的标准偏差:

$$s_p = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (P_{m_i} - \bar{P}_m)^2}{n-1}} \quad \text{..... (A13)}$$

$$s_t = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (t_{m_i} - \bar{t}_m)^2}{n-1}} \dots\dots\dots (A14)$$

式中: s_p 一组受试产品最大压力的标准偏差, MPa;

s_t 一组受试产品最大压力时间的标准偏差, ms。

附 录 B
试验结果的报出格式
(参考件)

试验条件

* * * * * * * * * * * * *	
1. 试验日期	1989. 1. 25
2. 实验室的温度	15℃
3. 实验室相对湿度	35%
4. 受试产品名称	302—1
5. 受试产品电阻	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

(* * * * —— 静压标定及技术指标 —— * * * *)

P=0MPa	U=(0)=0V
P=2. 0MPa	U(2. 0)=0. 2V
P=4. 0MPa	U(4. 0)=0. 4V
P=6. 0MPa	U(6. 0)=0. 6V
P=8. 0MPa	U(8. 0)=0. 8V
P=10. 0MPa	U(10. 0)=0. 996V
非线性=0. 52%	滞后性=0. 34%
不重复性=0. 08%	不归零度=0%

* * * * * * * * * * * * *

(* * * * * —— 试验结果 —— * * * * *)

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. $P_m=5.748\text{MPa}$	$t_m=1.300\text{ms}$
$\bar{P}_m=5.675\text{MPa}$	$\bar{t}_m=1.383\text{ms}$
$s_p=0.150\text{MPa}$	$s_t=0.077\text{ms}$

附加说明:

本标准由中国兵器工业总公司提出。
本标准由中国兵器工业标准化研究所归口。
本标准由中国兵器工业第二一三所负责起草。
本标准主要起草人:满光荣、马文喜。
计划项目代号 87082—14