

# 评价炸药安全性能的苏珊试验

阮庆云 陈启珍

(西南化工材料工艺研究所)

**摘要** 苏珊试验是测量炸药撞击感度的一种射弹试验。将炸药装入壳体中,用空气炮或火炮以30~300 m/s,甚至更高的速度发射,弹丸约经3.7 m,与钢靶相撞。本文简介了试验的基本方法,用氦氛激光器、接收转换器、测时仪构成的光电系统测量弹丸的飞行速度;用红宝石序列脉冲激光器、纹影仪以及等待型转镜扫描相机构成的高速摄影系统拍摄弹丸的着靶姿态以及撞靶后挤压变形直至点火爆炸的全过程;用传感器、电荷放大器、瞬态波形存储器构成的数据采集系统测量炸药爆炸后形成的空气冲击波超压。试验得到弹丸撞靶速度与相对释放能关系的苏珊感度曲线。本文给出了JO-9159、JOB-9003以及TNT/RDX 40/60等几种炸药的试验结果,对其安全性能作出了初步评价。

**关键词** 苏珊试验 撞击感度

## 1. 前言

随着现代兵器的发展,如何提高和评价炸药的安全性能已经引起人们的极大关注。古老的落锤试验和摩擦摆试验,样品为粉状炸药,它具有用量少、方法简单等优点,至今仍作为检测炸药安全性能的重要手段。然而,在实际生产及使用过程中接触的却往往是成型炸药,而粉末状炸药与成型炸药件受到机械撞击时感度是不同的。实践证明,炸药的机械撞击感度不仅与其化学结构和化学成份有关,而且还与炸药的物理性质、力学性能及试验方法有很大关系。有的炸药在某种试验中感度很低,而在另一种试验中感度却很高。对此,目前国际上一致公认,要客观地评价炸药的安全性能,必须通过多种感度试验方法来进行综合分析评定,特别是要重视模拟性比较强的、大尺寸药柱的试验方法,如苏珊试验、枪击试验等。

本文介绍的苏珊试验就是美国于六十年代中期开始研究建立的一种大型感度试验方法。它力图模拟带壳装药在使用过程中发生的撞击或跌落事故,检测炸药在冲击挤压及摩擦等因素的作用下能否发生点火,点火后能否迅速成长为爆轰,根据点火难易程度及释放能量多少即可从安全角度为新炸药的研制及配方的筛选提供依据。

## 2. 试验方法及基本原理

苏珊试验弹如图1所示。其弹重5.44 kg,口径 $\phi 82$  mm,装药重约320~400 g(视装药品种及装药密度而异)。用炮将弹丸发射出炮口,并在弹丸飞行的正前方垂直竖立一装甲靶板,那么,在弹丸撞靶后,顶端铝帽发生破裂。弹内装药就受到冲击、挤压及摩擦等因素的作用,机械能迅速转化为热能,局部炸药受到热的作用首先发生分解反应,并放出大量热量使更多的炸药被加热而产生爆燃。这种爆燃可能成长为爆轰,也可能熄灭,主要取决于炸药自身的理化特性。通过光电系统可以测量弹丸的飞行速度;通过高速摄影可详细记录弹丸的着靶姿态以及撞靶后挤压变形直至点火爆炸的过程;通过数据采集系统可以测量炸药爆炸后形成的空

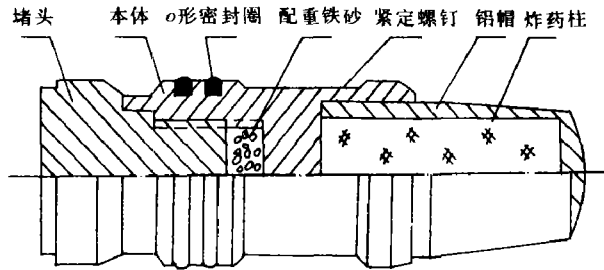


图 1 苏珊试验弹

Fig. 1 Susan test projectile

气冲击波超压。根据这些测试结果即可对成型的炸药柱在受到突然撞击时的行为进行评价  
试验场地平面布置如图 2 所示。

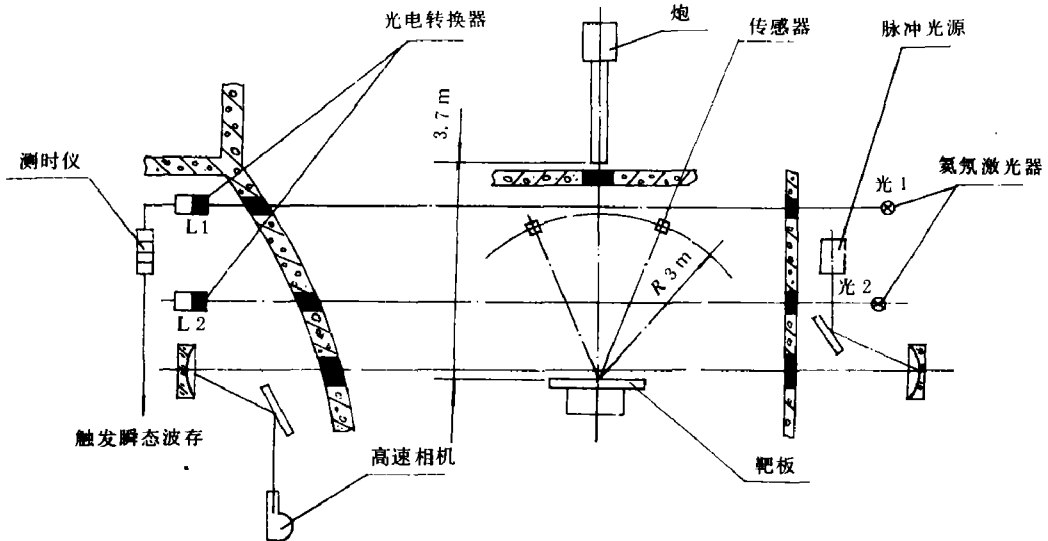


图 2 苏珊试验场地平面图

Fig. 2 Site plan of Susan test

### 3. 测试方法

#### 1) 弹丸飞行速度测定

该测试系统由氮氛激光器、光电转换器及测时仪组成。如图 2 所示，当光束 1、光束 2 分别照到光电转换器 L 1 及 L 2 上时，无脉冲输出，此时测时仪处于待触发状态。一旦弹丸飞行阻挡光束 1 通过，则光电转换器 L 1 立即输出一个电压脉冲使测时仪触发计时。同理，当弹丸继续飞行阻挡光束 2 通过时，光电转换器 L 2 又立即输出一个电压脉冲使记时仪截止，并显示出经历的时间间隔。那么，只要测得两束光之间的距离，便可计算出弹丸在这段行程中的平均速度。

此外,对高速摄影获得的分幅照片进行判读也可得到弹丸着靶时刻的瞬时速度。

### 2) 爆炸场空气冲击波超压测定

该测试由自由场冲击波压力传感器、电荷放大器、瞬态波形存储器及 IBM 微机系统组成。其中传感器由压敏材料制成,它可将作用其上的压力信号直接转换成电荷信号,并且其输出量与被测压力成正比。电荷量经电荷放大器产生归一化的电压输出,瞬态波形存储器则可将电荷放大器输出的模拟信号经模数(A/D)转换器转换为一系列数字信号,并立即存入一个大容量半导体存储器。通过接口将信号读入微机内存,则可根据需要对数据进行各种运算处理,可选择打印、绘图、记盘等不同的输出方式。波存中的数字信号也可经数模(D/A)转换器还原成模拟信号送入示波器观察波形。

### 3) 高速摄影

该系统由红宝石序列脉冲激光器,640型纹影仪及等待型转镜扫描相机构成,其光路如图3所示

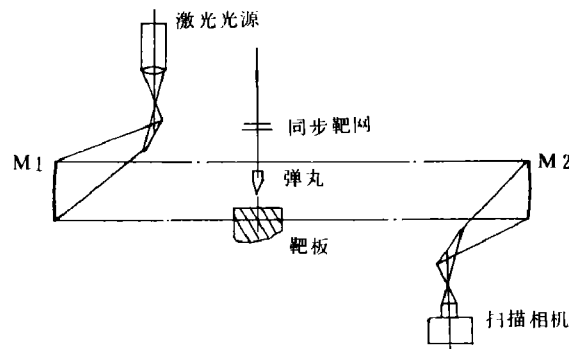


图 3 纹影仪及相机光路图

Fig. 3 Light path of schlieren apparatus

苏珊试验弹丸从着靶到点火爆炸是一个高速流逝过程。本系统采用红宝石激光器作为发光元件,它具有亮度高、单色性好等优点。当其发光时,通过主反射镜M1就可得到直径为 $\phi 290\text{mm}$ 的平行光柱。这时,只要弹丸从图示实验区通过,就可经反射镜M2在扫描像机上得到一幅逆光的阴影照片。画幅的曝光时间取决于光脉冲宽度,拍摄频率则取决于激光器的闪光频率。实拍照片如图5所示。

为了排除杂光干扰,在摄影物镜前加入了干涉滤光片,以保证相质清晰

### 4) 系统联控

当上述测试系统分别调试正常并处于待命状态后,只要按下总控制台上的激光器充电按钮,则各项测试将依一定时序自行完成。即当电容器充电到预定电压值后,控制台立即输出一电信号使转镜相机电机启动,当电机转速达到预置值时,控制台则接通发射电源使弹丸发射。如前所述,当弹丸飞行依次阻挡光束1、光束2通过时,利用测时仪即可得到弹丸的飞行速度。还可用光电转换器L2的输出来触发瞬态波存,使之开始采样。当弹丸继续飞行触及同步靶网时,红宝石激光器立即发出一连串脉冲激光,高速摄影则相继完成。

## 4. 数据处理及实验结果评定

对于一种炸药配方,标准试验为每组5~10发。

因为苏珊试验弹药柱尺寸一定，对于不同炸药，装药密度不同，则药柱重量不同，又因各种炸药自身能量不同，所以爆炸后形成的空气冲击波超压是不同的，因此在数据处理时引入了相对释放能的概念。所谓相对释放能即弹丸撞靶后实际释放能量与其装药完全爆炸应当释放能量之比值。以弹丸撞靶速度和相对释放能作出的关系曲线则称为苏珊感度曲线。几种炸药的实测结果如图 4 所示。

根据苏珊感度曲线及高速摄影结果，经过综合分析即可对受试炸药作出评定：

- 1) 判定受试炸药在突然撞击下是否容易点火；
- 2) 炸药点火后迅速成长为较强化学反应直至爆轰的能力有多大。

作为实例，由图 4 不难看出，JO-9159 较 TNT/RDX(40/60) 和 JOB-9003 炸药均为敏感，而 TNT/RDX(40/60) 与 JOB-9003 炸药感度相当，JO-9159 弹丸撞靶过程的分幅照片见图 5。

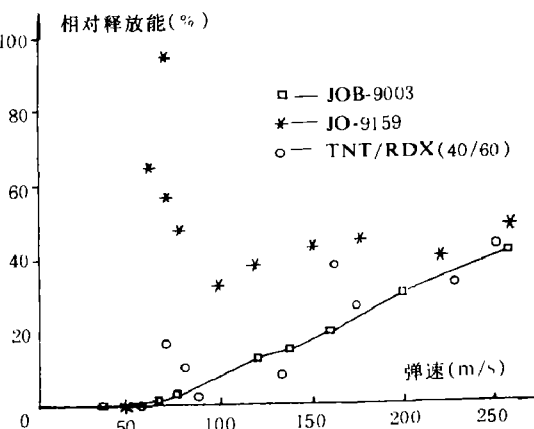


图 4 苏珊试验结果

Fig 4 Results from Susan test

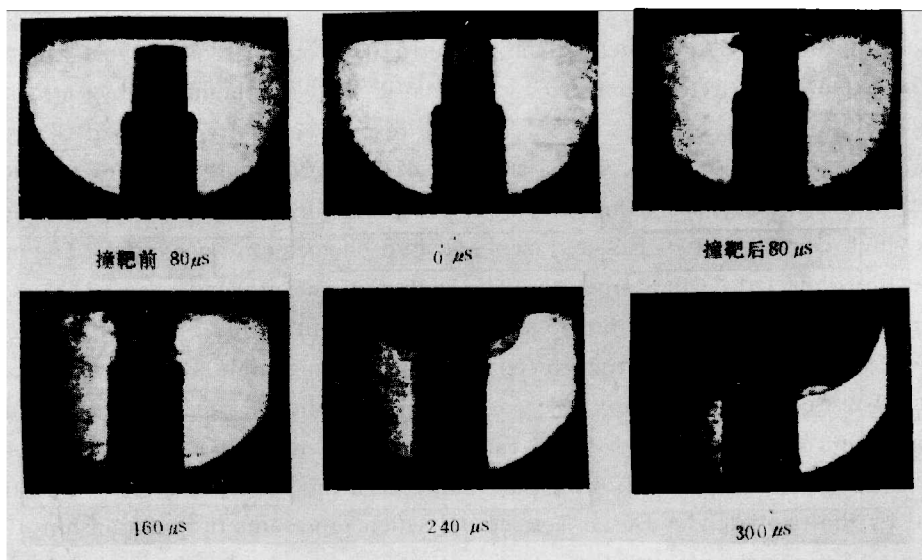


图 5 实拍照片，弹丸装药 JO-9159，弹速 108 (m/s)

Fig 5 Typical photographic record, explosive JO-9159, velocity 108 (m/s)

### 5. 结束语

苏珊试验是一种大型模拟试验，它具有很强的针对性，是评价炸药安全性能不可缺少的手段。该试验已在我所建成，目前国内还属于首创。无疑，我们在测试技术，实验装备上还不是十分完善，工作也不是十分深入细致，因此各方面工作还有待进一步改进，关于实验数据的分析处理方法也有待进一步探索。

参加本试验工作的还有张俊隆、花平环、向永、石敬良等同志。在筹建过程中,朱祖良、翁开权同志为测试方案的制定及设备调研做了大量开创性的工作,在此一并表示感谢。

### 参 考 文 献

- [ 1 ] Dorough. G.D., The Susan test for evaluating the impact safety of explosive material, *UCRL* - 7394 (1965).
- [ 2 ] Weston. A.M., Data analysis of the reaction behavior of explosive material subjected to Susan test impacts, *UCRL*-13480 (1970).
- [ 3 ] 兵器部210所, 国外兵器技术(化工类5), (1980).
- [ 4 ] Popolato. A.M., Experimental Techniques used at LASL to Evaluate Sensitivity of High Explosive, *LADC*-5612, (1962).
- [ 5 ] Swith. L.C., On the problem of evaluating the safety of an explosive., *LAUR*-77-1304, (1977).

## SAFETY EVALUATION OF EXPLOSIVES BY SUSAN TEST

Ruan Qingyun Chen Qizhen

(*Southwest Institute of the Chemical Technology and Material*)

**ABSTRACT** Susan Test is a method for measuring the impact sensitivity of explosives, in which the explosive charge is confined by a metallic shell and launched by a air-gun or propellant-gun with a speed of  $30\text{--}300\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  or more respectively. After traveled a distance of about 3.7 m, the projectile impacts on a steel target. The principle procedure of the test is described in this paper. The flying velocity of the projectile is measured by a timekeeping system, which consists of two He-Ne lasers and two photoelectric converters. The manner of the projectile impacted on the target, the deformation of the projectile caused by squeezing and compression, and the whole progress involving the ignition and explosion are recorded by a complete set of pulsed laser high speed schlieren photographic system, which consists of a sequential pulsed Q-switched ruby laser, a model 640 schlieren apparatus, and an access type rotating mirror scanning high speed camera. A set of multiple sensor-amplifier-transient waveform storage system is used to measure and record the superpressure of the air shock produced by the explosion. A Susan Test curve which represents the relationship between the velocity of the projectile and the relative energy release can be obtained from this test. The safety of some explosives, such as JO-9159, JOB-9003 and TNT/RPX 40/60 etc., are evaluated according to the results measured by Susan Test.

**KEY WORDS** Susan test, impact sensitivity.