

JB9014 炸药冲击起爆阈值的测定

夏先贵 林其文 李国珍

(中国工程物理研究院西南流体物理研究所, 成都 610003)

摘要 利用一级轻气炮对 JB9014 炸药进行了冲击实验。实验中使用 $F_4/203A$ 型锰铜压力计测量样品碰撞界面的压力剖面, 得到了 JB9014 炸药从受冲击到爆燃, 从爆燃到爆轰转变(SDDT)的特性曲线。根据曲线上的特征拐点, 确定了这种炸药的爆燃阈值(p_b)和爆轰阈值(p_d)。

关键词 钝感炸药 冲击起爆 阈值

1 前言

为了得到炸药从冲击到爆燃和爆燃到爆轰转变的压力阈值, 通常用间隙(或隔板)实验来确定 SDDT 曲线^[1~3]。我们根据隔板实验的思路, 将主发药作用改为轻气炮弹丸的作用; 将改变间隙厚度得到不同冲击压力改为用不同速度飞片撞击得到不同冲击压力, 利用轻气炮实验, 测出 SDDT 曲线。

2 实验原理

借助锰铜压力计测量撞击界面压力, 确定标准样品界面压力和炸药样品撞击界面初始压力, 通过对比分析再确定炸药中的其它初始冲击变量。当弹丸速度比较低的时候, 通过靶板传入炸药的初始冲击压力比较低, 这时炸药中基本上没有发生化学反应。由靶板雨贡纽曲线的镜像作为稀疏曲线与炸药雨贡纽曲线相交, 即可求出炸药中的初始冲击压力, 再根据冲击波关系式, 可以求出相应的粒子速度(u)。当弹丸速度接近 1km/s 时, 炸药中出现部分化学反应。使用二次冲击压缩^[4]以后, 上述化学反应过程进行得更加充分和广泛, 直至整个炸药都转变成爆轰产物。这时利用利莱线和产物的雨贡纽曲线相切的方法, 求出切点压力和比容, 然后由冲击波关系式定出粒子速度。通过换算得到自由面速度 $u_{is} = 2u$ 及 $p-u_{is}$ 曲线, 即 SDDT 曲线。

3 实验方法

实验装置如图 1 所示。用 $\varnothing 100\text{mm}$ 的弹丸推动钢飞片, 以 $300\sim 1000\text{m/s}$ 的速度撞击到钢靶上。在靶板后界面与粘贴的三个 $\varnothing 32\text{mm} \times 4\text{mm}$ 样品(一个钢质对比样品, 两个不同密度的 JB9014 炸药样品)之间安放三个 $F_4/203A$ 型的锰铜压力计, 用来测量各自的撞击界面压力剖面。从各压力计给出的相对电压变化信号($\frac{\Delta V}{V_0}$), 利用 $F_4/203A$ 型锰铜压

压力计的标定方程^[5]:

$$p = 0.6 + 30.86 \times \left(\frac{\Delta V}{V_0}\right) + 21.16 \times \left(\frac{\Delta V}{V_0}\right)^2 - 6.61 \times \left(\frac{\Delta V}{V_0}\right)^3 \quad (\text{GPa})$$

计算对比样品和炸药样品中的初始冲击压力。

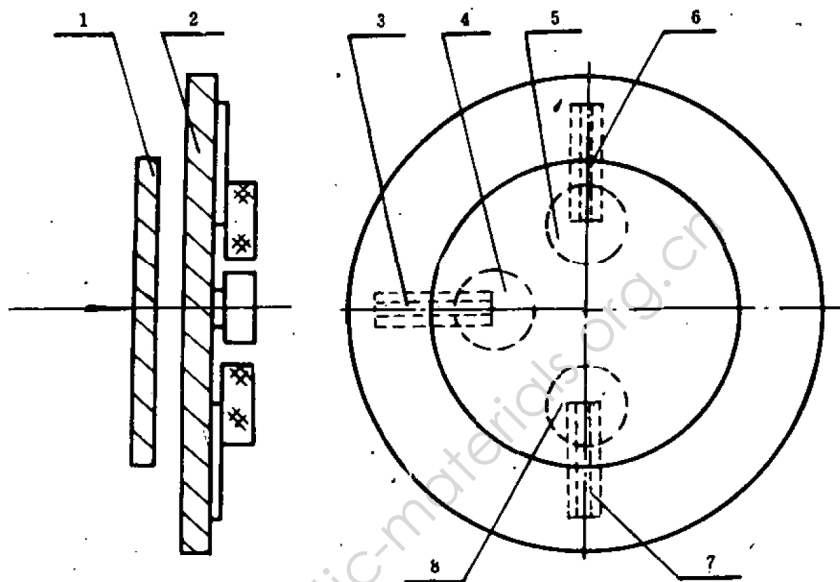


图 1 对比法实验装置示意图

- 1——钢飞片；2——钢靶板；3、6、7——Mn-Cu 计；4——钢对比样品；
5——低密度炸药样品；8——高密度炸药样品

Fig. 1 Experimental scheme based on contrast method

- 1——Steel flying plate, 2——Steel target, 3, 6, 7——Manganin gauges,
4——Contrast sample (steel), 5—— Low density explosive sample,
8—— High density explosive sample

4 实验结果和数值计算

不加反射层的典型示波器图形如图 2 所示,加钢反射层的典型示波器图形如图 3 所示。

我们采用有反射层和无反射层两种实验模型,通过数值模拟计算了界面压力变化,计算结果与实验基本吻合,如图 4 和图 5 所示。

表 1 和表 2 列出了实验测量 JB9014 炸药的 SDDT 数据。

根据表 1 和表 2 的数据绘制的 JB9014 炸药的 SDDT 曲线如图 6 所示。为便于比较,同时绘出了文献[1]中的曲线。

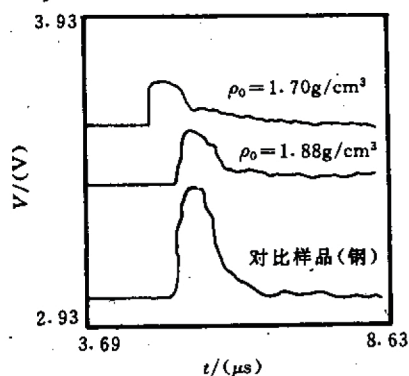


图2 不加反射层典型示波器图形

Fig. 2 Typical oscillogram from the manganin gauges' response in case of no reflectors on the back of the sample

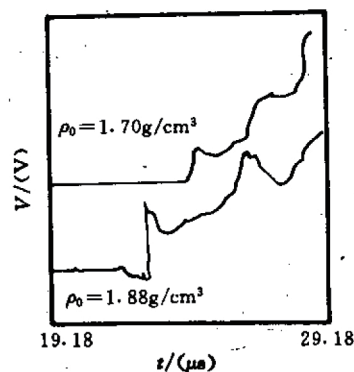


图3 加反射层典型示波器图形

Fig. 3 Typical oscillogram from the manganin gauges' response in case of steel reflector existence on the back of the sample

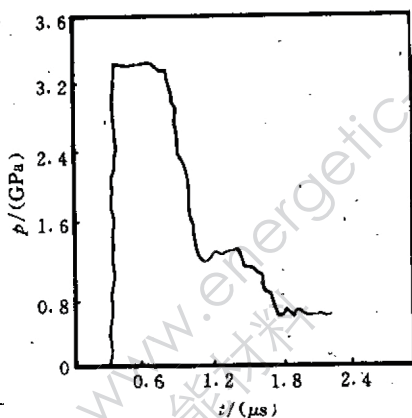
图4 无反射层模型的 $p-t$ 曲线

Fig. 4 $p-t$ curve without reflector

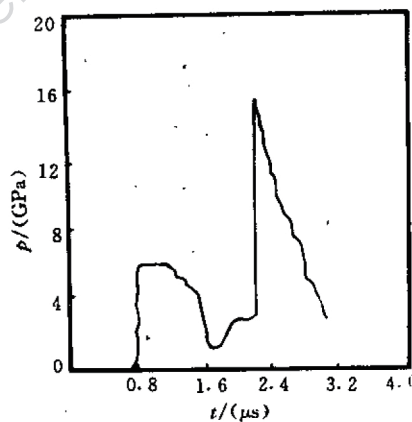
图5 有反射层模型的 $p-t$ 曲线

Fig. 5 $p-t$ curve with reflector

表1 密度为 1.70g/cm^3 的 JB9014 炸药的 SDDT 数据Table 1 SDDT data of JB9014 explosive charge with density 1.70g/cm^3

飞片速度 $w/(\text{km/s})$	冲击压力 $p/(\text{GPa})$	粒子速度 $u/(\text{km/s})$	自由面速度 $u_{fs}/(\text{km/s})$	反射层
0.508	1.924	0.32	0.64	无
0.776	3.578	0.55	1.10	
1.000	4.630	0.65	1.30	
0.600	7.090	0.95	1.90	有
0.700	8.000	2.28	4.56	
0.800	10.000	3.44	6.88	
1.000	13.000	3.43	6.86	

表 2 密度为 1.88g/cm^3 的 JB9014 药柱的 SDDT 数据
Table 2 SDDT data of JB9014 explosive charge with density 1.88g/cm^3

飞片速度 $w/(\text{km/s})$	冲击压力 $p/(\text{GPa})$	粒子速度 $u/(\text{km/s})$	自由面速度 $u_{fs}/(\text{km/s})$	反射层
0.508	2.92	0.39	0.78	无
0.776	4.43	0.62	1.24	
1.000	5.70	0.78	1.56	
0.600	8.40	1.04	2.08	有
0.700	9.00	2.31	4.62	
0.800	10.20	3.43	6.86	
1.000	13.90	3.42	6.84	

5 分析和讨论

图 6 中的每条曲线都有两个明显的拐点,所对应的压力值就是燃烧阈值 p_b 和爆轰阈值 p_d 。它们把 SDDT 曲线划分成三个区域,分别表示冲击、爆燃和爆轰的过程。当冲击压力 $p < p_b$ 时,只能使炸药压缩,而不能产生化学反应,回收到的金属碎片上粘有许多淡黄色的炸药粉末,说明这时炸药只是被撞碎了,而没有发生化学燃烧反应;当 $p \geq p_b$ 时,炸药中就出现部分化学反应,随着冲击压力增加,固态炸药进一步分解燃烧,气态产物逐渐增加,直至整个炸药全部转变成爆轰产物,回收碎片上粘有黑色粉末,说明这时炸药发生了化学燃烧反应,只是不充分,还残留一些黑色碳粉;当 $p > p_d$

时,炸药达到完全爆轰状态,回收到的金属碎片上是干净的,没有什么残留物沾在上面,说明这时炸药全部转变成爆轰气体飞散掉了。这与我们实验回收残骸观察结果是一致的。

实验证实了 JB9014 炸药爆燃阈值和爆轰阈值与炸药的物理特性有关。表 3 列出了实验结果和文献[1]中的数据。从表 3 可以看出,密度为 1.70g/cm^3 和 1.88g/cm^3 的 JB9014 炸药的爆燃和爆轰阈值比 TATB/Kel-F800(95:5)^[1]稍低,这是因前者的密度稍低的原因。

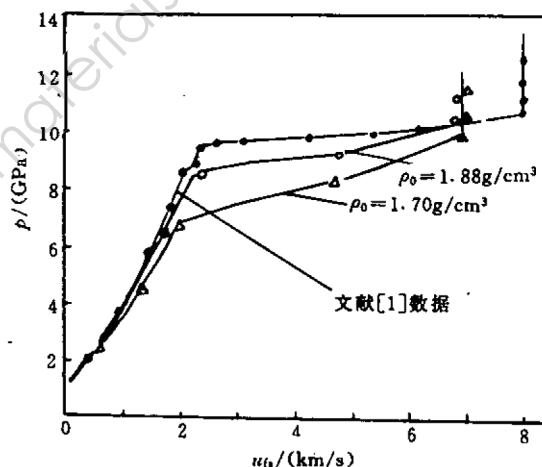


图 6 JB9014 炸药的 SDDT 曲线

Fig. 6 SDDT curves of JB9014 explosive

表3 几种炸药的起爆阈值
Table 3 Shock initiation threshold of some explosives

炸 药	密度/(g/cm ³)	爆燃压力 p_b /(GPa)	爆轰压力 p_d /(GPa)
JB9014	1.700	7.1	10.0
JB9014	1.880	8.4	10.2
TATB/Kel-F800(95:5) ^[1]	1.907	8.7	10.8

SDDT 曲线中观察到的两个特征拐点,可能是炸药受冲击所独有的特性^[6]。第一个拐点(即爆燃阈值)可能与热点的形成有关,因为炸药里面存在有许多空穴,这些空穴在冲击加载下,逐渐压缩,空穴塌陷形成热点,引起部分地区的化学反应^[7]。由于我们实验数据有限,所以只给出了爆燃阈值和爆轰阈值附近的压力值,中间间隔比较大,但是并不影响 SDDT 曲线的走向,因为爆燃阈值 p_b 和爆轰阈值 p_d 都是由实验确定的。

6 结 论

根据 JB9014 炸药的冲击实验结果,并将其与国外用隔板实验测定的类似炸药结果比较,可以看出,轻气炮实验可以用来研究炸药的 SDDT 特性。这是一个比较新的研究方法,冲击压力较易控制,但目前还处于初步研究阶段,加载方式以及测试方法都还有待进一步改进和完善。

参 考 文 献

- 1 Tasker D G. Proc. 7th Int. Symp. on Detonation, Annapolis, Maryland, 1981.
- 2 Kroh M, et al. Proc. 8th Int. Symp. on Detonation, Albuquerque, New Mexico, 1985.
- 3 Liu Jiacong, et al. Proc. of 2nd ISPE. Beijing, 1991.
- 4 经福谦著. 实验物态方程导引, 北京: 科学出版社, 1986.
- 5 池家春等. 第二届全国高压学术讨论会会议论文集, 第三册. 成都, 1983.
- 6 Liddiard T P, et al. NOL TR 64~53, 1965.
- 7 夏先贵等. IHE 热点细观模拟研究. 爆轰波与冲击波, 1995(3).

DETERMINATION OF SHOCK INITIATION THRESHOLD OF INSENSITIVE EXPLOSIVE JB9014

Xia Xiangui Lin Qiwen Li Guozhen

(Southwest Institute of Fluid Physics, CAEP, Chengdu 610003)

ABSTRACT Shock initiation behavior of explosive JB9014 was experimentally studied by means of one stage gas gun. The pressure profiles on the impacted surface were measured with manganin gauges of type F₄/203A. By using the contrast method, the shock parameters in the explosive sample were determined. The shock initiated deflagration to detonation transition (SDDT) characteristic curve for the explosive charges and the threshold pressures of deflagration and detonation were sequentially obtained therefrom.

KEYWORDS insensitive explosive, shock initiation, threshold pressure.



作者简介 夏先贵(Xia Xiangui), 1965年毕业于四川大学物理系, 中国工程物理研究院流体物理研究所副研究员, 从事爆炸力学方面的研究工作。

人才培养

招收研究生消息

☆北京理工大学力学工程系冯长根教授将招收具有应用数学、物理化学、爆炸力学、化学流体力学、爆轰理论、爆破工程、含能材料、弹药战斗部、火工烟火技术等专业背景的硕士毕业生, 攻读博士研究生, 应届生、非应届生或具有同等学历者均可报考, 按统招生或自招生(在职、定向)等方式录用, 招生名额视情况而定。冯长根教授通信地址: 北京理工大学力学工程系, 邮编 100081。

☆中国工程物理研究院化工材料研究所将于1997年招收兵器安全技术专业硕士研究生两名。招生办负责人: 蒋大鹏。通信地址: 成都 513 信箱, 邮编 610003。