

文章编号: 1000-5773(2001)04-0304-05

JB9014 钝感炸药冲击绝热线测量

张 旭, 池家春, 冯民贤

(中物院流体物理研究所, 四川绵阳 621900)

摘要: 利用压力对比法, 采用锰铜计测量待测炸药样品和 LY12 铝标准样品在 LY12 铝飞片同时撞击下的界面压力, 运用冲击波关系式和正交回归直线拟合分析, 确定了 JB9014 钝感炸药冲击绝热线关系式。

关键词: 冲击绝热线; 界面压力; 锰铜计; 钝感炸药

中图分类号: TJ410.1 **文献标识码:** A

1 引 言

炸药的冲击绝热线是炸药性能的基本参数, 它对于研究炸药的冲击引爆和确定化学反应速率函数, 以及进行爆轰数值模拟是不可缺少的。本次测试的目的是获得 JB9014 钝感炸药的冲击绝热线, 为该炸药的应用提供基本参数。到目前为止, 国内外已经有多种测试炸药冲击绝热线的方法, 如楔形试验、隔板试验、电磁法、阻滞法、自由面速度法等。本次测试采用压力对比法, 主要是由于这种方法的试验装置比较简单, 而且试验结果比较可靠, 是一种比较成熟的试验测定方法。在一般情况下, 炸药的冲击绝热线关系式可写成

$$u_s = c_0 + \lambda u_p \quad (1)$$

式中: u_s 为炸药中冲击波速度; u_p 为炸药中冲击波波阵面后的质点速度; c_0 和 λ 为炸药冲击绝热线关系式的待定系数。

压力对比法就是在一发试验中采用两个压力计分别测量在 LY12 铝飞片的同时撞击下, LY12 铝基板与 LY12 铝标准试样之间的界面压力 p_{A1} 和 LY12 铝基板与待测炸药试样之间的界面压力 p_{exp} , 然后通过冲击波关系式和已知的 LY12 铝的冲击绝热线关系求出一组待测炸药试样中的冲击波速度 u_s 和冲击波后的粒子速度 u_p 。

通过改变爆轰加载系统中的炸药和衰减层, 调节飞片速度进行多发测定试验, 可以测得多组 p_{A1} 和 p_{exp} 数据, 相应求得多组 u_s 和 u_p 数据。进行正交直线回归, 即可确定待测炸药的冲击绝热线关系式。

2 实 验

2.1 实验装置

实验装置如图 1 所示, 加载系统由插在雷管套中的起爆雷管特屈儿传爆药柱、平面波发生器、主发药和薄铝飞片组成, 除起爆雷管外, 事先用胶粘剂把它们粘合在一起构成一个组合件。

收稿日期: 2001-02-06; 修回日期: 2001-04-25

作者简介: 张 旭(1972—), 男, 硕士.

待测炸药样品和 LY12 铝样品对称放置于有机玻璃固定板的圆孔内,在样品的上表面和粘贴于样品支架上表面厚度为 1mm 的 LY12 铝基板之间安装锰铜压力计,每一个压力计与配置的一台脉冲恒流源和数字示波器相联接。

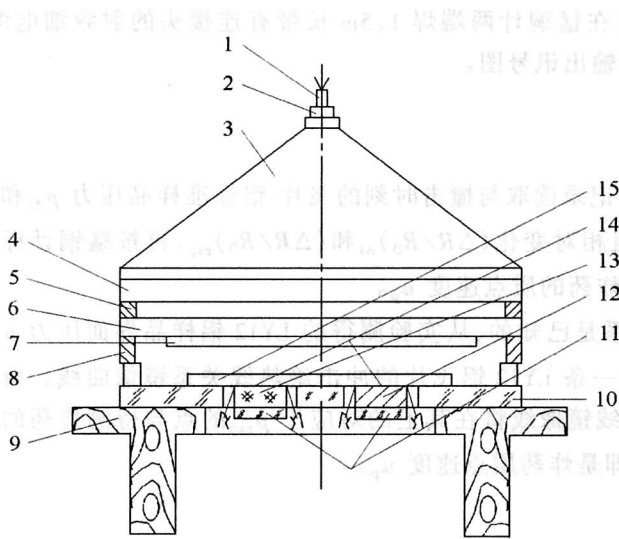


图 1 实验装置

- 1. 雷管;2. 传爆药柱;3. 平面波透镜;
 - 4. 主药柱;5. 辅助衰减层;6. 板状衰减层;
 - 7. 飞片;8. 空腔支撑环;9. 试验支架;
 - 10. 固定板;11. 固定片;12. 标准试样;
 - 13. 待测试样;14. 压力计;15. LY12 铝盖板
- Fig.1 Experimental set-up
- 1. Detonator;2. Booster;
 - 3. Plane wave generator;
 - 4. Donor charge;5,6. Attenuating plate;
 - 7. LY12 aluminum flyer;8. Positioning ring;
 - 9. Stand;10. Holder plate;11. Holder film;
 - 12. Standard sample;13. Sample;
 - 14. Manganin stress gauge;
 - 15. LY12 aluminum base plate

2.2 测试系统

测试系统方框图示于图 2(为简单起见,只给出其中一路)。它由一台高压脉冲发生器主控,此发生器同时输出两路脉冲电压讯号:一路高压脉冲用于起爆雷管,一路低压脉冲经由同步脉冲发生器同时触发数字示波器(采样率 500Ms/s)和脉冲恒流源。脉冲恒流源同时输出 50A 恒定电流为锰铜计供电,锰铜计电压讯号由数字示波器记录。

2.3 锰铜计

实验所用的锰铜计的标定方程^[1]是

$$p = 0.60 + 30.86(\Delta R/R_0) + 21.16(\Delta R/R_0)^2 - 6.61(\Delta R/R_0)^3 \quad (2)$$

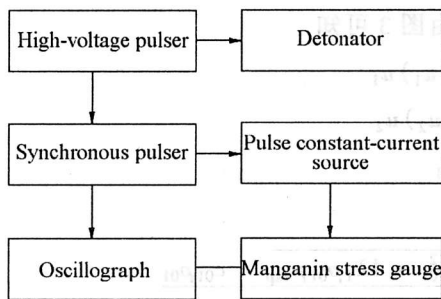


图 2 测试系统

Fig.2 Measuring system

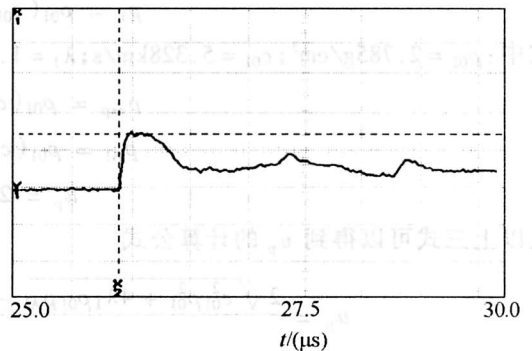


图 3 一组典型的示波器记录讯号图

Fig.3 One result of oscillograph

式中： p 为冲击压力，GPa； R_0 为锰铜计初始电阻， Ω ； ΔR 为锰铜计在压力 p 下的电阻变化量， Ω 。此标定方程的有效压力范围为 2 ~ 20GPa，单次测量的标准偏差为 2%。

把锰铜计压在样品上表面，并用硅橡胶填充锰铜计周边可能存在的间隙，再用真空封泥填充样品与有机玻璃孔之间的空隙。最后在锰铜计两端焊 1.5m 长带有连接头的射频细电缆。图 3 为一组典型的示波器记录的锰铜计输出讯号图。

3 实验结果及分析

由每发实验得到的两个锰铜计讯号记录读取与撞击时刻的飞片-铝标准样品压力 p_{Al} 和飞片-炸药样品界面压力 p_{exp} 所对应的电阻相对变化 $(\Delta R/R_0)_{Al}$ 和 $(\Delta R/R_0)_{exp}$ ，再按锰铜计标定方程求得界面压力 p_{Al} 和 p_{exp} ，进而求得炸药的质点速度 u_p 。

由于 LY12 铝样品的冲击绝热线关系是已知的，从实验测得的 LY12 铝样品界面压力 p_{Al} ，可以由图 4 所示的绝热线关系图上确定一条 LY12 铝飞片的冲击绝热线关系镜像曲线。由撞击界面的连续性条件可知，LY12 铝绝热线镜像线将在其上的对应于 p_{exp} 的点与待测炸药的冲击绝热线曲线相交，其交点的横坐标值即是炸药质点速度 u_p 。

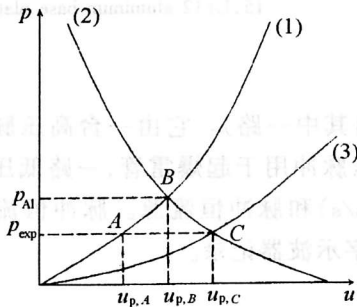


图 4 绝热线参数示意图

- (1) LY12 铝冲击绝热线关系，
- (2) LY12 铝冲击绝热线关系的镜像线，
- (3) 待测炸药的绝热线曲线

Fig.4 Hugoniot parameters

- (1) Shock Hugoniot of LY12 aluminum
- (2) p_{Al} (measured)
- (3) Shock Hugoniot of explosive tested

由于 LY12 铝的冲击绝热线关系已知

$$p_1 = \rho_{01}(c_{01} + \lambda_1 u_{p1})u_{p1}$$

式中： $\rho_{01} = 2.785\text{g/cm}^3$ ； $c_{01} = 5.328\text{km/s}$ ； $\lambda_1 = 1.338$ 。由图 3 可知

$$p_{exp} = \rho_{01}(c_{01} + \lambda_1 u_1)u_1$$

$$p_{Al} = \rho_{01}(c_{01} + \lambda_1 u_2)u_2$$

$$u_p = 2u_2 - u_1$$

从以上三式可以得到 u_p 的计算公式

$$u_p = \frac{2\sqrt{c_{01}^2\rho_{01}^2 + 4\lambda_1\rho_{01}p_{Al}} - \sqrt{c_{01}^2\rho_{01}^2 + 4\lambda_1\rho_{01}p_{exp}} - c_{01}\rho_{01}}{2\lambda_1\rho_{01}} \quad (3)$$

相应的炸药中冲击波速度可由动量关系式 $p_{exp} = \rho_0 u_s u_p$ 确定。每一组 u_p 、 u_s 数据可以确定待测炸药冲击绝热线曲线相应点。

表 1 给出了 JB9014 炸药冲击绝热线关系的实验参数和结果。由于 u_p 、 u_s 数据都有实验误差，因此采用正交回归直线拟合^[2]确定 JB9014 炸药的冲击绝热线关系，下面给出拟合结果

$$u_s = (2.599 \pm 0.036) + (1.441 \pm 0.040) u_p \quad (4)$$

文献[1]给出的 JB9001 钝感炸药的冲击绝热线关系式为

$$u_s = (2.79 \pm 0.22) + (1.42 \pm 0.20) u_p \quad (5)$$

将 JB9014 和 JB9001 两种钝感炸药的冲击绝热线关系式进行对比,表明采用正交回归拟合实验数据是比较适当的,分散度较小^[3]。图 5 和图 6 给出了由实验数据拟合的 u_s-u_p 及 $p-u_p$ 图。

表 1 JB9014 炸药冲击 Hugoniot 关系的实验参数和结果

Table 1 Experimental result for Hugoniot relation of JB9014 insensitive explosive

Experimental No.	Explosive and attenuating plate thickness/(mm)	LY12Al-LY12Al	LY12Al-JB9014	ρ_0 / (g/cm ³)	u_p / (km/s)	u_s / (km/s)
		boundary pressure p_{Al} / (GPa)	boundary pressure p_{exp} / (GPa)			
1	30(JH-9006) + 10Air + 10Cu	5.75	3.18	1.887	0.508	3.32
2	30(JH-9006) + 10Air + 10Cu	5.29	3.22	1.889	0.510	3.34
3	10Cu	5.96	3.33	1.887	0.523	3.37
4	40(JH-9006) + 10Cu	6.30	3.56	1.885	0.546	3.47
5	40(JH-9006) + 10Cu	6.73	3.77	1.891	0.582	3.43
6	15(RHT-901) + 10Air + 10Cu	6.82	3.77	1.885	0.592	3.37
7	15(JO-9159) + 10Air + 15Cu	8.63	4.91	1.891	0.772	3.60
8	20TNT + 10Cu	13.14	7.89	1.887	1.017	4.11
9	20TNT + 10Cu	13.99	8.35	1.885	1.074	4.12
10	15(RHT-901) + 10Cu	15.28	9.33	1.889	1.445	4.32
11	15(JO-9159) + 10Cu	20.09	12.42	1.884	1.425	4.63
12	15(JO-9159) + 10Cu	20.49	12.69	1.885	1.447	4.65

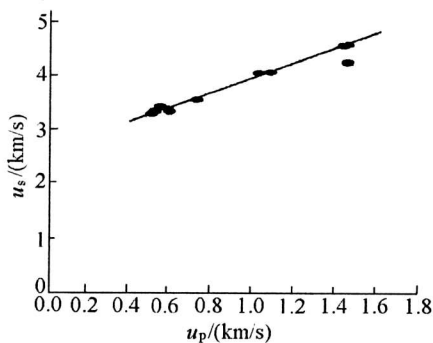


图 5 u_s-u_p 图

Fig.5 u_s-u_p relation

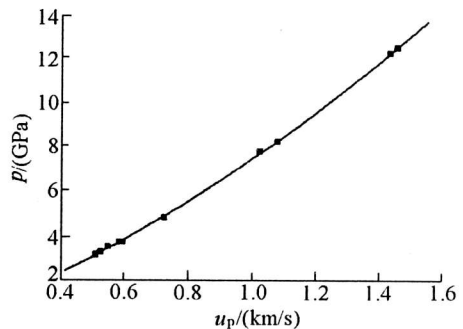


图 6 $p-u_p$ 图

Fig.6 $p-u_p$ relation

4 结 论

用压力对比法测试炸药的冲击绝热线关系实验原理简单,同时实验装置的设计及数据处

理都非常方便,是一种比较可靠的实验方法。随着锰铜压力计制作技术的完善,测试结果将更加可靠。

感谢于川副研究员的指导。

参考文献:

- [1] 于川. JB9001 钝感炸药冲击 Hugoniot 关系测试 [J]. 高压物理学报, 1998, 12(1): 72-77.
 [2] 刘智敏. 误差与数据处理 [M]. 北京: 原子能出版社, 1981.
 [3] Dick J J. The Hugoniot and Shock Sensitivity of a Plastic-Bonded TATB Explosive PBX 9502 [J]. J Appl Phys, 1989, 63(10): 15.

HUGONIOT RELATION OF JB9014 INSENSITIVE HIGH EXPLOSIVE

ZHANG Xu, CHI Jia-chun, FENG Min-xian

(Institute of Fluid Physics, CAEP, Mianyang 621900, China)

Abstract: The Hugoniot relation of JB9014 insensitive high explosive was investigated experimentally. A LY12Al flyer is driven by detonation wave which is attenuated with a metal plate. Manganin gauges were used to record the interface pressure p_{exp} and p_{Al} between the LY12Al base plate and the explosive sample as well as between the LY12Al plate and LY12Al sample.

Key words: shock Hugoniot; interface pressure; manganin gauge; IHE

