

高能、含铝和温压炸药爆炸抛撒实验研究^{*}

郑 波¹, 陈 力², 丁雁生², 刘 炜³, 刘学柱³, 朱鸿瑞¹, 王志芳¹

(1 北京理工大学爆炸科学与技术国家重点实验室, 北京 100081;

2 中国科学院力学研究所, 北京 100080; 3 山西江阳化工厂, 太原 030041)

摘 要:采用高速运动分析系统观察了高能炸药、含铝炸药和温压炸药爆炸产物抛撒的过程;分析比较了三种炸药的爆炸产物抛撒运动及后燃特点,得到了温压炸药具有爆炸和后燃二个过程,爆炸场范围大,温度高,后燃持续时间长;高能炸药与温压炸药相比爆炸场范围小,温度低,几乎没有后燃过程;含铝炸药介于温压炸药和高能炸药之间。

关键词:温压炸药;高能炸药;含铝炸药;爆炸抛撒;后燃

中图分类号: TJ410.1; O382 **文献标志码:** A

Experimental Study on Explosion Dispersal of Thermobaric Explosive

ZHENG Bo¹, CHEN Li², DING Yansheng², LIU Wei³, LIU Xuezhu³, ZHU Hongrui¹, WANG Zhifang¹

(1 State Key Laboratory of Explosion Science and Technology, Beijing Institute of Technology, Beijing 100081, China;

2 Institute of Mechanics, CAS, Beijing 100080, China;

3 Shanxi Jiangyang Chemical Industry Corporation, Taiyuan 030041, China)

Abstract: The rapid dispersal process and phenomena of high explosive, aluminumed explosive and thermobaric explosive have been investigated experimentally with a high speed framing cameras. Compared with the characteristics of the dispersal process and afterburning of three kinds of explosive, we get the conclusions: for the thermobaric explosive, its explosion experiences (detonation and afterburning) bigger field, higher temperature and longer durative time of afterburning. As for high explosive, compared with thermobaric explosive, there is almost no afterburning process, its explosion is with smaller field, lower temperature and shorter durative time of afterburning. As for aluminumed explosive, its characteristics are between thermobaric explosive and aluminumed explosive.

Keywords: thermobaric explosive; high explosive; aluminumed explosive; explosion dispersal; afterburning

1 引言

温压武器的毁伤范围是介于点杀伤与面杀伤之间。分析温压炸药爆炸产物抛撒运动的特点,确定影响抛撒速度、抛撒半径、爆炸产物浓度分布变化趋势等参量的主要因素有重要的理论意义和工程实用价值。文中采用高速运动分析系统记录了高能炸药、含铝炸药和温压炸药爆炸产物抛撒过程,分析了这三种炸药爆炸产物的抛撒特点,探索了对爆炸产物抛撒过程起关键作用的诸多因素及规律。

2 实验安排和实验结果

为了比较三种炸药爆炸抛撒特点,根据含铝量的不同准备了三组实验炸药样品,即高能炸药(钝感黑索今)、含铝炸药、温压炸药,其参数见表1。

实验场地安排见图1~图3中第一帧照片。为了消除地面反射波对自由场超压测量的影响和对爆炸产物抛撒视场的影响,炸药样品用木架支撑,使得离地面2m。安排了7组压力传感器,用以测量冲击波超压。采用了高速运动分析系统(Vision Research V5.1),对高能炸药、含铝炸药和温压炸药的爆炸产物抛撒过程进行观测,图1是高能炸药爆轰产物的抛撒过程,图2是含铝炸药爆炸产物的抛撒过程,图3是温压炸药爆炸

^{*} 收稿日期:2007-03-27

作者简介:郑波(1960-),男,江苏镇江人,高级工程师,博士,研究方向:弹药工程及爆炸理论。

产物的抛撒及火球的发展过程,分幅扫描速度均为每毫秒 3 帧。

表 1 实验炸药样品参数表

	密度/ ($\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$)	氧平衡 (CO_2/CO)	爆速/ ($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)	爆热/ ($\text{kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$)	燃烧热/ ($\text{kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$)
钝感 RDX	1.66 *	- 21/0 **	8450	- 5500	- 6500 **
含铝 炸药	1.77 *	- 35/ - 18 **	8089	- 6450	- 13800 **
温压 炸药	1.86 *	- 50/ - 40 **	5100 *	- 8200 **	- 20200 **

注: * 为实测值; ** 为计算值;其它数据取自文献[4]

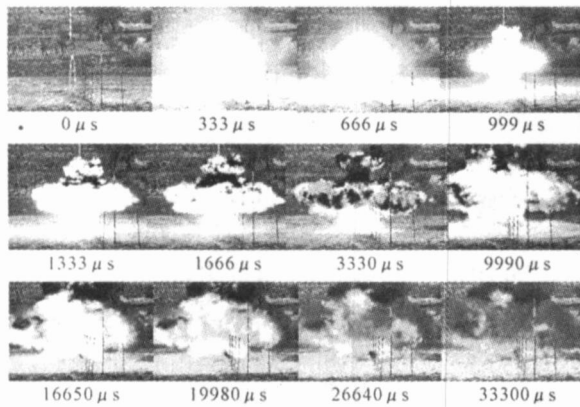


图 1 高能炸药爆轰产物抛撒过程

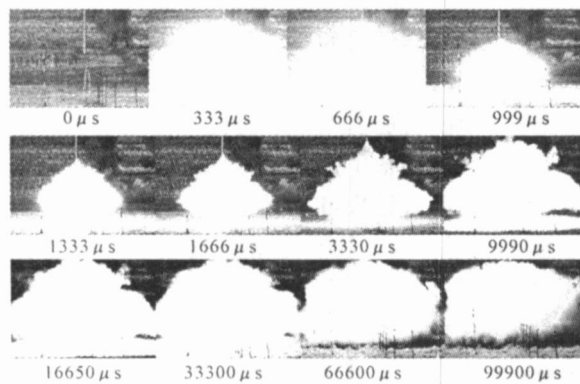


图 2 含铝炸药爆炸产物抛撒过程

3 实验结果及分析

图 1~图 3 记录了三种炸药的爆炸产物抛撒的两个过程。第一个过程是爆炸及高温膨胀阶段:见图 1~图 3 的前 4 帧,含能组分爆炸。由于是负氧设计,爆炸产物和没反应的金属颗粒混合物迅速膨胀,在膨胀的同时,没反应的金属颗粒与空气中的氧继续反应,并发出强烈的白光,白光越强烈,爆炸场的温度越高。温压炸药爆炸场白光最强烈,因而温度最高,含铝炸药次之,高能炸药最低;温压炸药爆炸场的白光范围很广,作用范围大,具有面杀伤特点,含铝炸药次之,高能炸药的的范围最小,具有点杀伤特点;温压炸药爆

炸场的白光持续时间最长,接近 10ms,这样的高温引发的压缩波或冲击波有可能追上前驱爆炸波,增加冲量;爆炸场白光由于空气的冷却作用才消退,含铝炸药和高能炸药在接近 1ms 时白光已经消退;后燃的温度较低,所产生的压缩波不可能追上前驱爆炸波,对爆炸冲量没有太多的影响,但对内爆炸毁伤效应有相当的提高。第二个过程是后燃阶段:由于空气的冷却作用,白光消退,显现出火球,周围的虚光是火球的强光照亮的周边空气中水汽和微尘的影像所致,随着点燃的金属颗粒作爆炸抛撒运动,火球缓缓膨胀,虚光渐弱,此时的爆炸场温度明显减小,对于内爆炸来说,此时的后燃对于毁伤是发挥积极作用的。

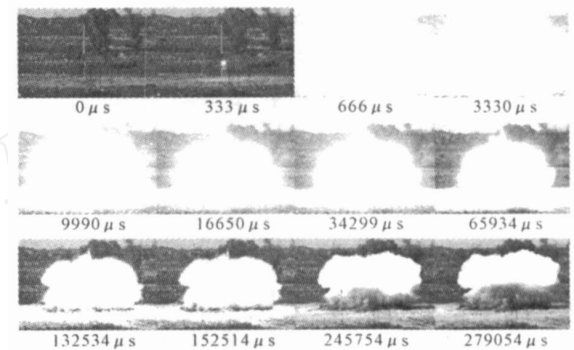


图 3 温压炸药爆炸产物抛撒过程

从图 1 可以看出,高能炸药也是负氧设计,有不太明显的后燃效应,也就是只有第一个过程,基本上没有第二个过程。爆轰产物的高温区域较小,后燃时间很短,几乎没有。由于空气的冷却作用,到 1ms 时,见图 1 第 4 帧,爆炸和高温膨胀基本结束。

从图 2 可以看出,含铝炸药由于是负氧设计,有一定的后燃效应。第一个过程在 1ms 时结束(见图 2 第 4 帧),爆炸产物的高温区域较图 1 大,后燃时间较图 1 长。由于空气的冷却作用,到 33ms 时(见图 2 第 10 帧),后燃基本结束。

从图 3 可以明显地看出温压炸药爆炸和后燃两个过程以及爆炸火球的形成和发展。第一个过程,爆炸产物和没有反应的金属颗粒混合物迅速膨胀,并发出强烈的白光,录像记录为一片白光(见图 3 第 8 帧),这一过程持续 66ms;后燃阶段,由于空气的冷却作用,白光消退,显现出火球,周围的虚光是火球的强光照亮的周边空气中水汽和微尘的影像所致,随着点燃的金属颗粒作爆炸抛撒运动,火球缓缓膨胀,虚光渐弱(见图 3 第 10 帧)。后燃持续时间 86ms。作用范围比图 1 和图 2 要大。

温压炸药起爆后,其发光体边界的迹线如图 4 圆圈标记所示。从起爆至 666 μ s 间的发光体为强烈的白光光球,以每秒几公里的速度越出录像视场,并以很快的速度收缩。能以每秒几公里速度越出录像视场的光球,不是空气冲击波,更不是爆炸产物,只能是被强光辐照的空气微粒的影像,见图 3 第 3 和第 4 帧。从第 8 帧 66ms 以后,记录了一个缓慢膨胀的火球,在 66ms 时半径接近 6m。图 4 中三角形标记点及其连线为实测空气冲击波的迹线,距爆点 4m 处的冲击波速度约 750m/s,距爆点 8m 后冲击波速度衰减到约 380m/s。

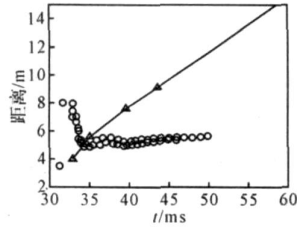


图 4 空气冲击波迹线(实线)与发光体边界迹线(圆圈)

4 结论

Ⓔ 温压炸药明显有爆炸和后燃两个过程;含

铝炸药的后燃过程不强烈;高能炸药虽然是负氧设计,但几乎没有后燃效应。

Ⓕ 温压炸药爆炸白光最强烈,因而爆炸场温度最高;含铝炸药的次之;高能炸药的最低。

Ⓖ 温压炸药的白光范围很广,作用范围大,具有面杀伤特点;含铝炸药的次之,高能炸药作用范围最小,具有点杀伤特点。

Ⓖ 温压炸药后燃持续时间大于 86ms;含铝炸药后燃持续时间小于 33ms;高能炸药几乎没有有效后燃过程。

参考文献:

- [1] 刘庆明,范宝春,李鸿志. 两相介质中火焰诱导激波现象的研究[J]. 爆炸与冲击,1997,17(4):311-317.
- [2] F Zhang, D L Frost, P A Thibault, S B Murray. Explosive dispersal of solid particles[J]. Shock Waves,2001(10):431-443.
- [3] 王志芳. 固态燃料爆炸抛撒的实验、理论及数值研究[D]. 北京:北京理工大学,2006.
- [4] 孙业斌,惠君明,曹欣茂. 军用混合炸药[M]. 北京:兵器工业出版社,1995.

(上接第 103 页)

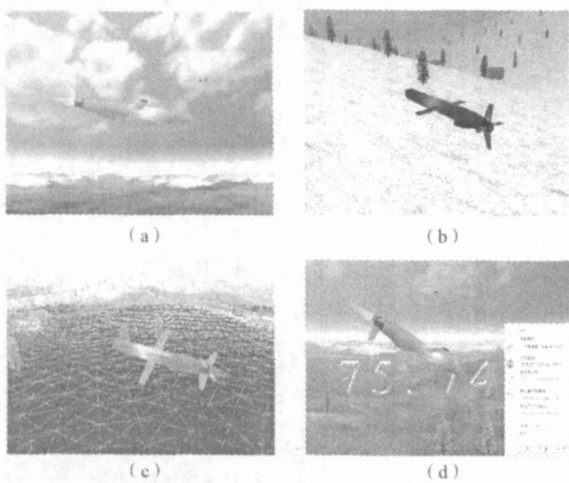


图 7 仿真实验结果

时飞行的参数显示及地面高程显示结果,系统显示速度约为 23.5 帧/s。

由实验结果可以看出,文中方法能够较好地针对靶场环境进行模拟,并能够依据观测数据对导弹飞行参数进行实时仿真。

6 结论与展望

文中根据导弹试验训练与鉴定任务的需求,

结合某型导弹,对导弹试验训练仿真系统的若干关键技术进行了研究。实验结果表明,文中方法能够在保证较高逼真度的前提下对靶场环境进行模拟,并能够依据实测数据对导弹飞行参数进行实时仿真,可以较好地满足导弹试验训练的实际需求。进一步的工作是数据传输网络化,通过网络环境构造分布式的靶场一体化试验训练仿真环境。

参考文献:

- [1] 李小龙. 地地战术导弹测试发控系统训练仿真器研究[D]. 哈尔滨工业大学,2002.
- [2] 郭会明,杨明,李雷,等. 地空导弹训练仿真系统的设计与实现[J]. 系统仿真学报,2003(1):69-87.
- [3] WU Yi-ming, Q I Huan. The advantages of high level architecture and a simulation application development[J]. System Simulation Technology & Application, 2003(5):286-290.
- [4] 袁俊. 仿真系统与导弹武器的研制、试验和评估[J]. 飞航导弹,2004,4:47-51.
- [5] 郭希维,苏群星,谷宏强. 导弹训练仿真系统中信号的采集与处理[J]. 兵工自动化,2004,2:4-6.
- [6] 刘秀功,禹海全. 基于视景仿真的便携式防空导弹模拟训练研究[J]. 计算机仿真,2006(5):280-283.