

文章编号: 1006-9941(2004)04-0249-03

杆式战斗部对柱壳装药的毁伤实验研究

宋浦, 余建斌, 梁安定, 栗保华
(西安近代化学研究所, 陕西 西安 710065)

摘要: 利用某原型杆式战斗部对带防护的柱壳装药模拟靶进行了易损性毁伤实验研究。针对离散杆式破片毁伤和冲击波超压毁伤的实验结果进行了毁伤效应分析, 与常用的 Jacobs 判据进行了对比。结果表明, 离散杆式破片和冲击波超压引爆带防护的柱壳装药较难, 但可对目标结构进行毁伤。

关键词: 爆炸力学; 杆式战斗部; 模拟靶; 毁伤; 离散杆式破片; 冲击波

中图分类号: O389

文献标识码: A

1 引言

裸体炸药与带壳装药在撞击条件下的引爆, 直接关系到弹药安全与武器战斗部的设计, 因此国内外开展了许多该方面的研究^[1~5]。但多数情况下研究者是利用不同的加载装置加载单枚不同形状的射弹(破片)对裸体炸药或带壳装药进行撞击研究。实际上在工程设计中, 杀伤战斗部在近炸条件下对目标的杀伤作用主要依赖于破片作用、冲击波作用或二者的联合作用。为此, 本文设计了目标模拟靶, 利用某原型杆式战斗部对模拟靶在近炸条件下进行了毁伤试验, 对毁伤效应进行研究。

2 实验设计

杀伤型战斗部工程设计中战斗部主要通过高速破片动能打击和爆炸冲击波的超压来毁伤空中目标。其对空中目标的毁伤主要有两种形式: 功能毁伤和结构毁伤。

功能毁伤立足于对目标要害部位功能的破坏, 如引燃或引爆战斗部、发动机等。一般, 目标要害部位较分散, 目标位置具有一定随机性, 因而功能毁伤对于目标的毁伤具有随机性, 这要求战斗部具有较大的破片杀伤区域, 以提高对目标要害部位的打击概率。结构毁伤立足于对目标各种构成部件的毁伤。空中目标结构一般以蒙皮、框架、薄壳圆筒等组成, 相对而言

防护较弱, 部分结构的破坏或损伤均可导致目标主体的失效。因此结构毁伤主要利用大破片或密集破片群对目标进行结构破坏, 使部分结构从目标主体上分离, 造成目标结构的失效。这种毁伤机制是今后破片杀伤目标的发展趋势。

针对研究目标, 设计了模拟靶, 利用某战斗部实弹对目标模拟靶进行易损性毁伤实验, 研究破片及冲击波超压对战斗部模拟靶的毁伤效果。

2.1 模拟靶的设计和制作

设计目标模拟靶为 3 mm 厚的复合材料与 8 mm 厚的 Q235 钢材料壳体复合而成, 壳体内装药为 H-6 炸药。该炸药基本组成为: RDX / TNT / Al / D-2 蜡 / CaCl₂ = 45/30/20/5/0.5 (外加)。炸药装药尺寸采用 GJB772A-97 方法 603.1 中测定炸药枪击感度的尺寸: $\Phi 60 \text{ mm} \times 60 \text{ mm}$ 。

复合材料为环氧玻璃布层压板 3240, 密度 $1.7 \sim 1.9 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$, 拉伸强度 $\geq 300 \text{ MPa}$, 垂直层向弯曲强度 $\geq 340 \text{ MPa}$, 压缩强度 $\geq 350 \text{ MPa}$ 。

2.2 某战斗部原型弹的基本参数

实验用战斗部原型弹为可控离散杆式战斗部, 单枚离散杆式钢破片设计质量为 12 g, 杆尺寸为 $\Phi 4 \text{ mm} \times 130 \text{ mm}$; 战斗部装药 1 kg, 主装药为以 HMX 为基的军用混合炸药, 该炸药威力约相当于 150% TNT 当量。

2.3 实验研究

实验共进行了两次, 每次实验使用两个模拟靶。第一次实验研究杆式破片对模拟靶的毁伤效应, 模拟靶有复合材料防护; 第二次实验研究冲击波超压对模拟靶的毁伤效应, 模拟靶无防护复合材料。两次试验所用战斗部结构不同, 主装药品种相同但装药量略有

收稿日期: 2003-12-29; 修回日期: 2004-04-05

基金项目: 国家安全重大基础研究基金项目, 编号: 51309-1-4

作者简介: 宋浦(1973-), 男, 硕士, 工程师, 主要从事战斗部设计、爆炸力学及其相关专业研究。

区别。试验靶场布置图分别如图1、2所示。

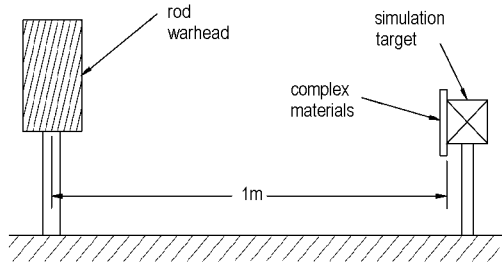


图1 杆式破片毁伤实验靶场布置图

Fig. 1 Schematic diagrams of experiments by rod warhead

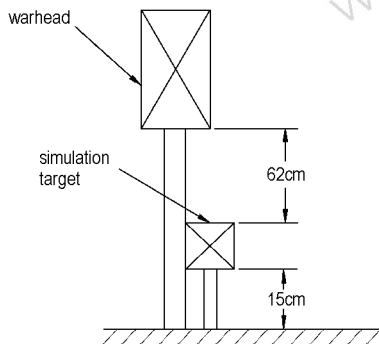


图2 冲击波超压毁伤实验靶场布置图

Fig. 2 Schematic diagrams of experiments by blastwave overpressure

2.4 实验结果

按靶场布置图设置战斗部与模拟靶,完成实验,模拟靶均未被引爆。其正端面被杆式破片切割穿透,穿孔附近有熔化的炸药痕迹,复合材料被杆式破片切断,切口较整齐;两侧有被离散杆击打的滑痕,可见图3。而冲击波超压对模拟靶的外观未造成破坏,模拟靶的结构完整。利用引进的450 kV大型工业CT,对实验后的模拟靶部件进行无损探伤,其内部炸药结构基本完整,无大的疵病,见图4。

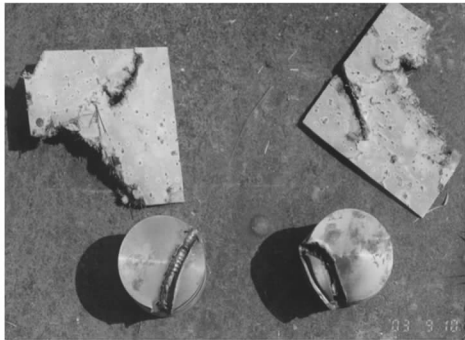


图3 实验后的模拟靶与复合材料

Fig. 3 Result of simulation target and complex materials



图4 工业CT扫描结果

Fig. 4 CT scan result of simulation target part

该实验过程实质相当于自由端物体受强动载荷的作用过程,相关文献较多,详细理论分析及计算过程较繁琐,可见文献[6]。但在杀伤型战斗部工程设计中往往关心的是战斗部的冲击波及破片对目标的毁伤效应,常用其考核战斗部威力,因而在野外靶场试验中更注重的是冲击波超压和破片对目标的毁伤后效。

3 结果分析与讨论

3.1 杆式破片比动能

利用断网靶网测试方法对杆式破片速度进行电测。该测试方法利用特殊设计的梳状靶网专门拦截杆式破片。靶网初始状态断开,拦截杆式破片后导通,通过测试时间间隔反算破片速度。其电测结果为距爆心1 m处的杆破片速度约 $1.7 \text{ km} \cdot \text{s}^{-1}$;则破片对于目标的杀伤比动能为:

$$E_b = \frac{1}{2}mv^2/S \quad (1)$$

式中: E_b 为破片的比动能; m 为破片质量; v 为破片着靶速度; S 为破片的迎风面积。

根据杆式破片毁伤实验值可求得杆式破片的比动能约为 $5.7 \text{ kJ} \cdot \text{cm}^{-2}$ 。

3.2 冲击波超压

冲击波超压峰值可由下式计算^[7]:

$$\Delta p \geq 1 \text{ MPa 时} \quad \Delta p = 0.67 \frac{w}{R^3} + 0.1 \quad (2)$$

$$\Delta p < 1 \text{ MPa 时}$$

$$\Delta p = 0.0975 \frac{\sqrt[3]{w}}{R} + 0.146 \frac{\sqrt[3]{w^2}}{R^2} + 0.585 \frac{w}{R^3} \quad (3)$$

式中, Δp 为冲击波超压; R 为距装药中心的距离; w 为TNT当量。

冲击波超压毁伤实验中战斗部装填炸药1.04 kg,该炸药威力约相当于150% TNT当量。同时模拟靶距

地面很近(见图2),冲击波在地面的反射叠加将极大增强超压峰值。一般情况下,贴地爆炸状态可增大至空爆状态的1.4~1.8倍。根据实验状态取1.5倍,求得模拟靶处所受到的冲击波超压峰值约为4.67 MPa。而冲击波超压对模拟靶的外观未造成破坏,其结构完整。

3.3 Jacobs 判据

射弹撞击炸药引发爆轰的阈值条件,有不同形式的引爆判据,相关文献较多。而对于表面有金属板覆盖的炸药的撞击引爆阈值条件,通常使用的是简化的Jacobs判据^[8]: $ud^{\frac{1}{2}} = A + Bh/d$ 。其中, u 为射弹撞击引爆的阈值速度; d 为射弹直径; h 为覆盖板厚度; A 、 B 为经验常数。

经过近似折算,根据实验求得 $u = 2.3 \text{ km} \cdot \text{s}^{-1}$,远高于实验中所测得的杆式破片速度。可见实验中杆式破片比动能尚低,无法击爆模拟靶。

3.4 讨论

离散杆式破片打击到模拟靶上的比动能较高,将模拟靶正端面切割穿透,并造成了大剪切翻边,暴露出了装药。但在此情况下模拟靶仍未被引爆,可见杆式破片对目标主要起结构毁伤作用,对目标结构进行程度不同的切割破坏。若目标导弹处于高速飞行过程中,由于空气动力学因素,可能将目标结构解体。

利用冲击波的殉爆作用引爆带防护的柱壳装药目标较难,但强冲击波超压对于较大的目标整体结构仍可能造成破坏,使其结构失效。

参考文献:

- [1] 李银成,游腾高,林忠. 射弹引爆带盖板炸药的冲击引爆机制[J]. 爆炸与冲击增刊,1997.
LI Yin-cheng, YOU Teng-gao, LIN Zhong. Mechanism of shock initiation of detonation in explosives with cover plate by projectile impact[J]. *Explosion and Shock Waves* (Supplement), 1997.
- [2] 韩冰,李银成. 射弹冲击起爆带盖板炸药的数值模拟[A]. 火炸药技术及钝感弹药技术学术研讨会论文集,珠海,2002.
HAN Bing, LI Yin-cheng. Numerical modeling of shock initiation of detonation in explosives with cover plate by projectile impact[A]. Proceedings of Symposium on Propellants, Explosives and Insensitive Munitions[C], Zhuhai, 2002.
- [3] Ferm E N. Spherical impact on explosive[A]. 9th Int Sympo on detonation [C], 1989.
- [4] Cook M D. Projectile impact initiation of explosive charges [A]. 9th Int Sympo on detonation [C], 1989.
- [5] 卫玉章,方青,张克明,等. 射弹撞击带盖炸药引发爆轰的机制[J]. 爆轰波与冲击波,1995(2): 1-9.
- [6] 杨桂通,熊祝华. 塑性动力学[M]. 北京:清华大学出版社,1984.
- [7] 王儒策,赵国志编著. 弹丸终点效应[M]. 北京:北京理工大学出版社,1993.
- [8] Roslund L A. Initiation of warhead fragments I: normal impacts [R]. NOLTR73-124, Naval Surface Weapons Center, White Oak, 1973.

Experimental Investigation on Damage to Charges Covered Shell by Rod Warhead

SONG Pu, YU Jian-bin, LIANG An-ding, LI Bao-hua

(Xi'an Modern Chemistry Research Institute, Xi'an 710065, China)

Abstract: The damage experiments of simulation target's vulnerability were made by using the real rod warhead to the charges covered steel shell. The damage effects of rod-fragments and shock wave overpressure were analyzed and the damage analysis was compared with the calculation of Jacobs criterion. It can't detonate simulation target when specific kinetic energy of 12 grams rod-fragments amount to $5.7 \text{ kJ} \cdot \text{cm}^{-2}$ and blastwave overpressure amounts to 4.67 MPa through analysis of experiments results. If the velocity of rod-fragments increases to $2.3 \text{ km} \cdot \text{s}^{-1}$, the fragments may detonate simulation target. The results show it is difficult to detonate the charges covered steel shell by rod fragments and shock wave, but they could damage the structure of the targets in appropriate conditions.

Key words: explosion mechanics; rod warhead; simulation target; damage; discrete-rod fragment; shock wave