

文章编号: 1006-9941(2006)02-0102-03

带尾翼爆炸成型弹丸的新技术

赵慧英, 沈兆武, 李成兵, 马宏昊, 梅 群

(中国科学技术大学 力学与机械工程系, 安徽 合肥 230026)

摘要: 应用在药型罩表面贴附惰性隔板的方法可以研制出尾翼稳定的爆炸成型弹丸(EFP)。回收试验表明, 尾翼的数量与隔板的数量相对应, 隔板越厚, 隔板处药型罩压垮变形与无隔板处变形差异就越大, 形成的尾翼较为明显, 可以根据尾翼形状和数量要求来设计隔板。

关键词: 爆炸力学; 尾翼稳定; 隔板; 爆炸成型弹丸; 药型罩

中图分类号: O385; TJ410.3+3

文献标识码: A

1 引 言

现代爆炸成型弹丸(EFP)在末敏弹武器系统中发挥着重要的作用^[1], 未来的战争要求 EFP 战斗部系统可以在更远的距离内发挥作用^[2,3], 因此对 EFP 的飞行稳定性要求越来越高。在过去的十几年里, 许多科技工作者在 EFP 研究中做了大量的工作, 提出了 EFP 的多种成型方法, 并进行了实验验证。

这些方法主要是在药型罩周边提供一个周期性变化的冲量或速度, 强制药型罩的边缘形成有规律地翘曲。如 Bender, Carleone 和 Singer^[4]提出来的多边形壳体形成尾翼的方法, 主要技术途径是将药型罩周围壳体加工成一定形状, 使其厚度呈规律性变化, 这种壳体的形式如图 1 所示, 当其装药被起爆后, 药型罩周围出现周期性的起皱, 形成尾翼; Weimann^[5]于 1993 年提出来的炸药装药中嵌入周期性变化的惰性隔板形成带尾翼的 EFP 的方法, 如图 2 所示; 1995 年, Bouet 等人提出了用三点起爆形成尾翼的方法^[6], 如图 3 所示; 以及最直接有效的用三维药型罩形成尾翼的方法。

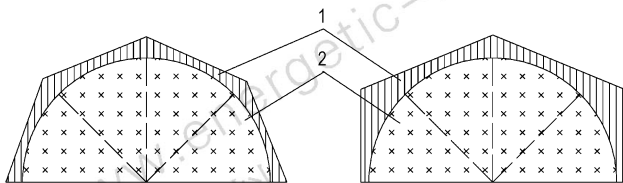


图 1 多边形壳体示意图

1—壳体, 2—装药

Fig. 1 Polygonal shell

1—shell, 2—explosive

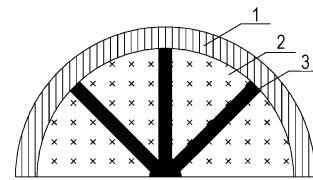


图 2 爆轰波形控制器

1—壳体, 2—装药, 3—波形控制器

Fig. 2 Device for controlling detonation wave

1—shell, 2—explosive, 3—detonation wave control device

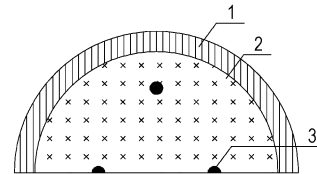


图 3 多点起爆装药

1—壳体, 2—装药, 3—起爆点

Fig. 3 Multipoint initiation

1—shell, 2—explosive, 3—detonation point

本文所探讨的用隔板形成尾翼的方法不需要加工复杂的药型罩和壳体, 在中心起爆装药的情况下就可以实现, 是一种新型、有效、经济的尾翼成型方法。

2 隔板形成尾翼技术

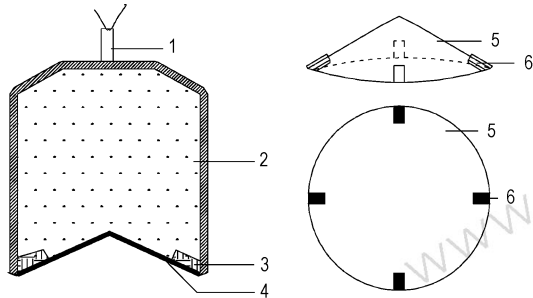
三维药型罩很难加工成型, 加工费用较高。多点起爆对装药结构对称性要求高, 而且要严格保证各起爆点的起爆时差足够小, 但批量生产时起爆同步性很难保证。另外这种方法使装药结构变得复杂, 成本增加。

本文提出在药型罩口部等间隔粘贴一定形状惰性材料隔板, 利用惰性材料对装药爆轰波的衰减作用, 使粘贴惰性材料处的药型罩变形小于环向其它位置的变形, 形成质心靠前、阻心靠后的有对称尾翼 EFP。这种

收稿日期: 2005-11-07; 修回日期: 2005-12-19

作者简介: 赵慧英(1979-), 女, 在读博士, 主要从事现代爆炸技术与安全工程研究。

方法无论选材、加工、装药都较为简单和经济。这种方法装药结构如图 4 所示。隔板均布在药型罩口部外表面圆周边上。隔板设计加工成一定的形状,数量由所需尾翼的数量来决定。



(a) 装药 (b) 药型罩及隔板
(a) shaped charge (b) liner and covers

图 4 隔板、药型罩及装药示意图

1—起爆点, 2—装药, 3—隔板,
4—药型罩, 5—药型罩, 6—隔板

Fig. 4 Diagrams of covers, liner and shaped charge

1—initiation point, 2—explosive, 3—cover,
4—liner, 5—liner, 6—cover

3 实验及结果

在锥角、壁厚相同的药型罩上贴不同厚度的隔板,用水作为软回收试验的材料,回收装置如图 5 所示。实验用药型罩材质为纯铜,壁厚为 3 mm,锥顶角 125°。使用的装药是 TNT/RDX = 30/70,装药直径

50 mm,装药质量 100 g,装药高度 45 mm。隔板采用工程塑料,数量 4 个。第一组实验所用隔板厚度为 2.5 mm,第二组所用隔板厚度为 1 mm,第三组所用隔板厚度为 5 mm。中心起爆装药后,在图 5 所示的装置中回收得到 EFP 弹丸。

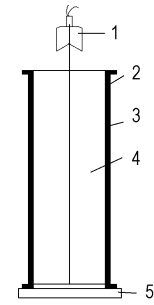


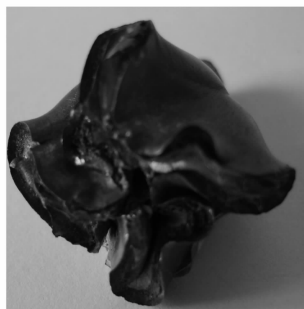
图 5 回收装置

1—装药, 2—内衬, 3—水筒, 4—水, 5—垫板

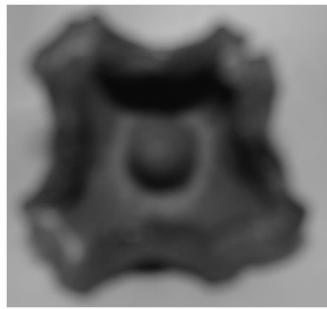
Fig. 5 Recovery equipment

1—shaped charge, 2—liner, 3—barrel,
4—water, 5—protecting plate

图 6 是装药密度和药量相同,贴不同厚度隔板时,形成的带尾翼 EFP 的后视图,图 7 为圆柱形装药中心起爆后,药型罩在爆炸载荷作用下所形成的 EFP,是轴对称回转体。实验结果表明,尾翼的个数与隔板个数相对应,在装药一致、药型罩一致的情况下,药型罩的变形情况与隔板厚度有关。隔板越厚,则隔板处药型罩的压垮变形与无隔板处变形差异就越大,形成的尾翼较为明显。



(a) 5 mm covers



(b) 1 mm covers



(c) 2.5 mm covers

图 6 实验结果

Fig. 6 Experimental results



图 7 单点中心起爆形成的 EFP

Fig. 7 EFP from single-point center initiation

4 实验结果分析

EFP 是由药型罩在爆轰压力的作用下压垮后形成的,在药型罩尺寸一定的情况下,爆轰载荷在药型罩表面的分布情况决定了其变形的趋势^[7]。

用惰性隔板形成 EFP 尾翼的原因是,贴有隔板处药型罩表面受到的爆轰压力通过隔板传递过来,压力

明显衰减,变形量相应减小,而无隔板处药型罩表面与爆轰波是直接接触,不存在压力衰减,变形量当然会大一些,结果在药型罩表面边缘处形成规律性皱褶,即形成所谓尾翼。由图 6 可以看出,在隔板处药型罩受到的冲击压力及变形量与隔板厚度相关,隔板厚度会影响尾翼的直径大小。当圆柱形装药中心起爆后,球面爆轰波入射到药型罩上时,对药型罩同一圆环上的微元同时产生相同的爆炸载荷,使药型罩同一圆环上的微元同时具有相同的压垮速度。这就决定了其所锻出的 EFP 是轴对称回转体(见图 7)。

5 结 论

(1) 运用在药型罩表面贴隔板的方法可以形成带尾翼的 EFP,可以根据所需尾翼的形状来设计隔板的形状。

(2) 隔板的厚度影响贴附隔板部分的药型罩受力大小,从而影响 EFP 尾翼的最大直径。

(3) 在两隔板相间的区域内的爆轰压力,较贴附隔板的药型罩表面强,同一时间内药型罩表面的变形不等,形成与隔板位置和厚度相关的周期性褶皱。

参考文献:

- [1] 王儒策. 弹药工程[M]. 北京:北京理工大学出版社,2001.
- [2] 慈明森,顾余铨. 形成带尾翼爆炸成型侵彻体的一种独特的方法[J]. 火箭技术,1998,(3): 7-14.
CI Ming-sen, GU Yu-shuan. A special way of forming EFP with fins[J]. *Technology of Projectile and Missile*, 1998, (3): 7-14.
- [3] Gordon R Johnson, Robert A Stryk. Some consideration for 3D EFP computations[J]. *Impact Engineering*, (In press).
- [4] 门建兵,蒋建伟,万丽珍. 带尾翼 EFP 形成的三维数值模拟研究[J]. 北京理工大学学报,2002,22(2): 166-168.
MEN Jian-bing, JIANG Jian-wei, WAN Li-zhen. 3D simulation on EFP with fins[J]. *Transactions of Beijing Institute of Technology*, 2002, 22(2): 166-168.
- [5] Bouet T H, Tarayre P, Guillon J P. Study of a multi-point ignition EFP [A]. 15th International Symposium on Ballistics [C], Israel, 1995. 159-166.
- [6] David Bender, Bounmy Chhouk, Richard Fong, et al. Explosively formed penetrators (EFP) with canted fins [A]. 19th International Symposium of Ballistics [C], Interlaken, Switzerland, 7-11, May 2001.
- [7] 曹兵, 陈惠武, 明晓. 起爆方式对 EFP 成型性能的影响[J]. 弹道学报, 2000, 12(3): 64-68.
CAO Bing, CHEN Hui-wu, MING Xiao. The effect of different methods of ignition on the performance of EFP's shaping [J]. *Journal of Ballistics*, 2000, 12(3): 64-68.

A New Way of Explosively Formed Projectile with Stabilizing Fins

ZHAO Hui-ying, SHEN Zhao-wu, LI Cheng-bing, MA Hong-hao, MEI Qun

(Department of Modern Mechanics, University of Science and Technology of China, Hefei 230026, China)

Abstract: Attaching covers on the shaped liner, an explosively formed projectile (EFP) with stabilizing fins can be produced. The recovery results indicate that the number of EFP fins is corresponding with the number of the covers attached to the liner. Moreover, the thickness of the covers also has the effect on the mold results of the fins. So it is acceptable that the number and the shape of the covers are based on the number and shape of the fins.

Key words: explosion mechanics; stabilizing fin; cover; explosively formed projectile (EFP); liner



会议信息 (一)

- ❖ 中国兵工学会火炮技术学术交流会将于 2006 年 6 月召开,地点待定,联系人:朱一红 0910-3787965
- ❖ 中国兵工学会轻武器学术研讨会将于 2006 年 6 月召开,地点待定,联系人:吴超 69771368-2321
- ❖ 中国兵工学会装备保障支撑理论、关键技术研讨会将于 2006 年 6 月在北海召开,联系人:王生凤 66719371
- ❖ 中国兵工学会引信关键技术创新研讨会将于 2006 年 6 月召开,地点待定,联系人:刘云 029-88156300
- ❖ 中国兵工学会第十三届测试技术研讨会将于 2006 年 8 月在乌鲁木齐召开,联系人:杨玉华 0351-3923640
- ❖ 中国兵工学会第十二届火箭导弹学术年会将于 2006 年 8 月在青海召开,联系人:尚雅娟 029-88293025
- ❖ 中国兵工学会空军弹药技术研讨会将于 2006 年 8 月召开,地点待定,联系人:黄正祥 025-84315454
- ❖ 中国兵工学会兵器控制学术研讨会将于 2006 年 8 月在连云港召开,联系人:钱龙军 025-84315309
- ❖ 中国兵工学会第二届国际民爆器材学术研讨会将于 2006 年 10 月在南京召开,联系人:宋敬埔 025-84315530
- ❖ 中国兵工学会第九届全国爆炸与安全学术交流会将于 2006 年 10 月召开,地点待定,联系人:陈鹏万 010-68912858
- ❖ 中国兵工学会火炸药技术学术研讨会将于 2006 年 10 月在深圳召开,联系人:任芊 010-68914662
- ❖ 中国宇航学会固体火箭推进专业委员会第 23 届年会将于 2006 年 8 月在呼和浩特召开,由航天科工集团四院 41 所和 46 所共同承办。
- ❖ 第七届全国爆轰学术会议将于 2006 年 7 月在贵州省贵阳市召开,中国力学学会爆炸力学专业委员会主办,北京理工大学承办,联系人:陈利、刘彦: 010-68915607; E-mail: liuyan@bit.edu.cn