

单兵肩射武器发射筒前盖破片后飞分析与改进

刘成倩¹, 陈 帮², 王 健¹, 李军福¹, 甘小红³

(1. 中国人民解放军驻九三七三厂军代室, 安徽 蚌埠 233010; 2. 驻南京地区军代局, 南京 210024;
3. 安徽省方圆机电股份有限公司, 安徽 蚌埠 233010)

摘要:分析了前盖受弹丸头部撞击后破片飞散机理,根据前盖、制动环组件材料力学性能和结构设计,提出增加扩展防护圈、优化制动环组件结构方式以阻止破片后飞,采用 ANSYS/LS-DYNA 仿真软件计算其前盖的破碎过程,结合射击试验结果分析防护圈拓展后的安全可靠,改进后的防护圈能可靠防止前盖碎片后飞。

关键词:前盖;破片后飞;防护圈;仿真软件;可靠性

本文引用格式:刘成倩,陈帮,王健,等.单兵肩射武器发射筒前盖破片后飞分析与改进[J].兵器装备工程学报,2019,40(4):155-158.

Citation format:LIU Chenqian, CHENG Bang, WANG Jian, et al. Analysis and Improvement of Fragments' Flying Problem of Launch Tube Front Cover of Individual Shoulder Weapon[J]. Journal of Ordnance Equipment Engineering, 2019, 40(4): 155-158.

中图分类号:TJ71

文献标识码:A

文章编号:2096-2304(2019)04-0155-04

Analysis and Improvement of Fragments' Flying Problem of Launch Tube Front Cover of Individual Shoulder Weapon

LIU Chenqian¹, CHENG Bang², WANG Jian¹, LI Junfu¹, GAN Xiaohong³

(1. Military Representative Office of Air Force in 9373 Factory of PLA, Bengbu 233010, China;
2. Military Representative Bureau of Air Force in Nanjing Area, Nanjing 210024, China;
3. Anhui Fangyuan Mechanical & Electrical Co., Ltd., Bengbu 233010, China)

Abstract: Aiming at the phenomenon of fragments flying behind of the launch tube front cover, the mechanism of fragments flying away after the front cover was impacted by that the fuze head was analyzed. According to the material mechanical properties and structural design of the front cover and brake assembly, a method of extending the protective ring was proposed to prevent fragments flying back. The LS-DYNA software was used to calculate the crushing process of the front cover, also the safety and reliability of the expanded protective ring were analyzed in combination with the shooting test results. The improved protective ring can reliably prevent the front cover fragments from flying back, and the performance indexes of the weapon system are not affected.

Key words: front cover; fragments flying behind; protective ring; simulation software; reliability

前盖固定于发射筒的前端,是武器发射系统研制中的重要环节。目前发射筒前盖分为三种:机械开关盖、爆破式前盖和穿透式前盖。

穿透式前盖凭借其结构简单,不需开盖,密封性强,易维修等特点,大量装备于武器发射筒。国内对于穿透式前盖性

能研究都已开展,如许寿彭、蔡德咏和曹苏雅拉图利用仿真软件对前盖进行计算,得到了前盖破碎特性^[1-3];国外应用如美国“战斧”、英国“海鸥”、德国“罗兰特”等^[4]。

穿透式前盖一方面要保证弹体不受影响,弹丸安全无损,外弹道稳定,另一方面也要保证前盖破片飞散轨道稳定,

发射筒的安全防护^[5,6]。某型单兵肩射武器在打靶试验中,出现前盖破片后飞现象,针对这一现象,从设计和安全防护角度出发,分析破片的后飞机理,并提出改进措施,结合仿真计算和试验验证。

1 前盖穿透结构

穿透结构由弹丸、发射筒、前盖构成。前盖采用铝板材料,分12瓣,并预制了应力槽。发射时,前盖受到弹丸头部撞击,产生前盖破片,破片随着弹丸出膛向前飞散。前盖穿透结构如图1所示,前盖结构如图2。

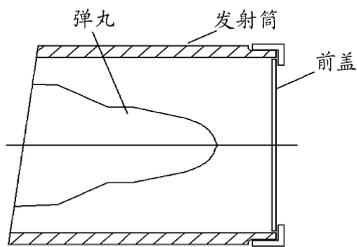


图1 前盖穿透结构示意图

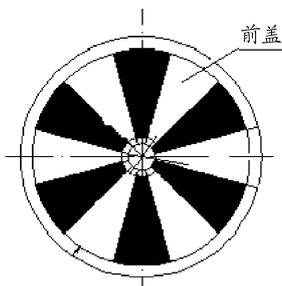


图2 前盖结构示意图

2 破片后飞机理

发射时前盖受到弹丸头部的冲击,轴线中心部位沿应力槽向四周外圈撕裂翻转成扇形卷状,在弹丸未完全出膛时,弹丸向前盖施加了轴向作用力,同时扇形盖片受到根部的拉扯作用,使得扇形具有反发射方向和径向的动量分量。若盖片根部被弹丸牵扯拉断,且其质心超出变形环组件前段外边缘时,碎片就会后飞。破片形成过程如图3所示,破片形态和质心位置如图4所示。

采用 ANSYS/LS-DYNA 有限元软件对前盖受弹丸头部冲击的瞬态动力学进行仿真计算。模型由前盖、连接环和弹丸组成。其中前盖采用胶接 (glue) 命令与连接环连接为一体,模拟弹与前盖初始间距为 5 mm。前盖、连接环和弹丸都采用八节点六面体 solid164 单元,网格划分采用自由网格划分方式进行,网格划分后共形成 23 656 个节点、74 100 个单元和 3 个部件 (part)。仿真模型如图 5 所示。

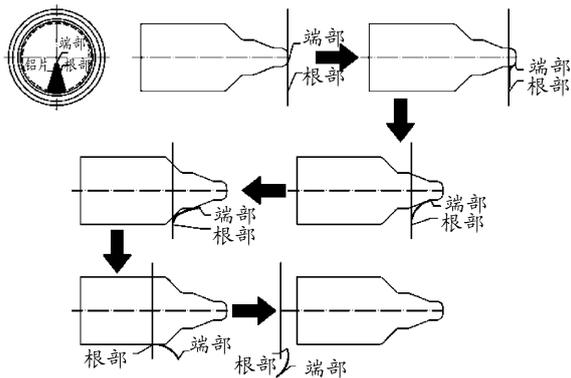


图3 破片形成过程

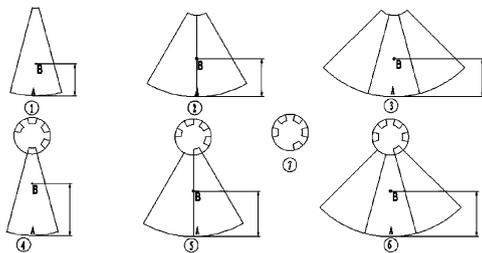


图4 破片形态和质心位置

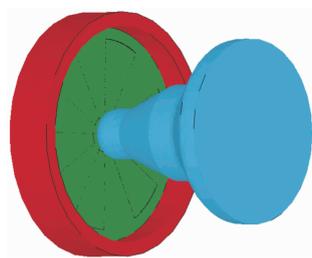


图5 前盖与连接环、弹丸仿真模型

有限元仿真计算时前盖为铝合金 1060A,连接环为铝合金 7A04,都采用塑性随动硬化材料 (MAT_PLASTIC_KINEMATIC) 模型。模拟弹为刚性体材料模型 (MAT_RIGID)。后期为了防止前盖后飞伤人试件的发生,在前盖前端加上了防护圈,防护圈为橡胶材料,在这里为了减少计算量,设定为刚性体材料模型 (MAT_RIGID)。材料力学参数见表 1。

表1 材料力学性能参数

材料	铝合金 7A04	铝合金 1060	模拟 弹	防护 圈
密度/($\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$)	2 780	2 780	12 000	900
弹性模量/GPa	78	78	200	0.5
泊松比	0.28	0.28	0.3	0.3
屈服强度/MPa	550	150	\	\
切变模量/GPa	1.2	1.2	\	\
延伸率/%	12	22	\	\

计算时前盖与连接环、弹丸为自动普通接触,弹的初速为 130 m/s,并设定好其它求解控制参数,然后进行求解。前盖破碎的动态显示,如图 6 所示,显示了不同时刻前盖的破碎情况。

仿真结果显示,弹与前盖碰撞时,前盖中心位置的预制槽

先破裂,之后不断被推开,然后中间部位的预制槽开始破裂,在 1.0 ms 时共计形成 7 片碎片,其中 1 片 3 瓣相连,3 片 2 瓣相连和单独 3 瓣,在弹的冲击下,7 片碎片后翻并与变形环相撞,最后中心圆片断裂并往后飞,与实弹射击试验过程中观察到的中心圆片后飞的现象基本一致。

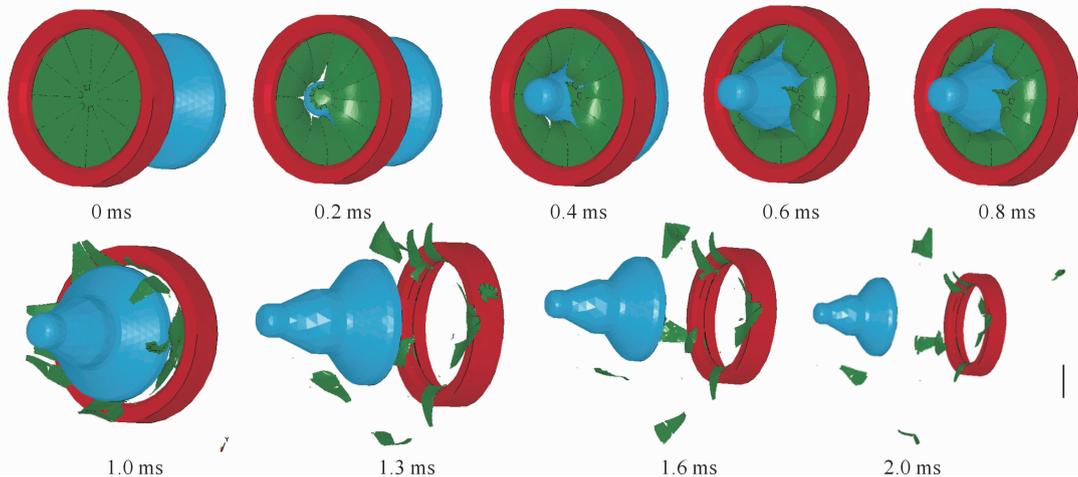


图 6 无防护圈前盖破碎过程

3 改进措施

为保证操作安全,阻止破片后飞,综合考虑破片后飞机理后,提出增加扩展防护圈的优化方案,具体如下:

① 防护圈选用发泡材料制成,结构上采用镶嵌式粘接,以增强粘接强度;

② 优化扩展防护圈结构尺寸,增强抗弯能力。

改进后防护圈结构如图 7 所示。

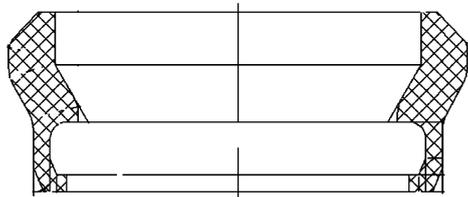


图 7 改进后防护圈结构

为进一步验证改进后防护圈防止前盖碎片后飞的有效性,采用有限元仿真计算进行分析。计算条件与材料模型与前盖无防护圈有限元仿真相同。仿真结果如图 8 所示。

计算表明,弹与前盖碰撞时,前盖中心位置的预制槽先破裂,之后不断被推开,中心圆片与 6 瓣前盖相连。随着弹的前进,中间部位的预制槽破裂不断放大,中心圆片与最终与 1 瓣前盖相连,并最终断裂。前盖在 0.6 ms 时共计形成 7 片碎片,其中 1 片 3 瓣相连,3 片 2 瓣相连和单独的 3 瓣,在弹的冲击下,7 片碎片后翻并与制动环和扩展防护圈相撞,但未发生碎片后飞现象。

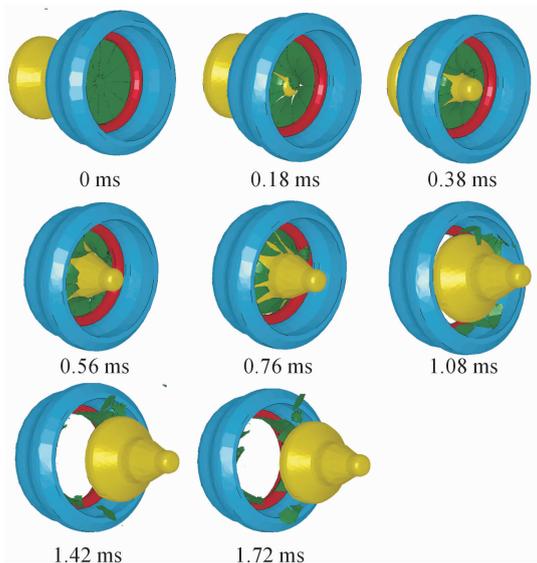


图 8 有防护圈前盖破碎过程

4 射击试验

通过射击试验对改进后防护圈的安全防护能力进行验证,同时考察防护圈的改动对武器系统的战术技术指标及性能的影响。

试验中发射筒采用固定炮架固定,发射时布置高速摄像机观测前后盖碎片飞行状况。射击过程破片飞散过程如图 9 所示。

试验结束后发射筒防护圈状态如图 10 所示。

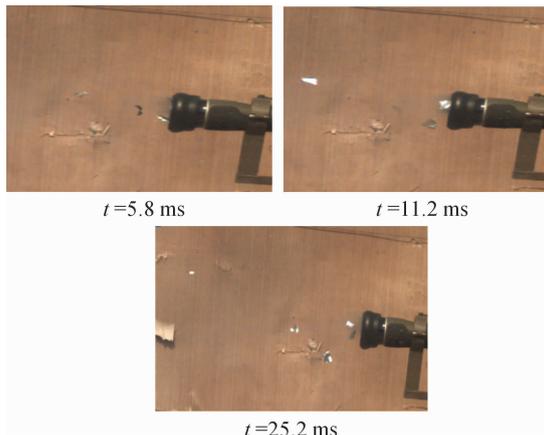


图9 破片飞散过程



图10 试验后防护圈状态

试验结果:通过高速摄像拍摄的破片飞行状态,得出前盖被击后,破片均向前飞行,略有与防护圈碰撞现象,但未造成后飞,防护圈无变形,试验与仿真结果基本吻合。进行多轮验证试验后,均无破片后飞发生,防护圈基本完好无损。

5 结论

1) 破片由破片根部拉扯后翻转,超过防护圈最大尺寸,产生后飞,结合仿真计算得到验证。

2) 增大拓展防护圈,并加强其材料硬度,通过有限元仿真和试验论证,得出改进后的防护圈能有效阻止前盖破片后飞,保证武器系统发射的安全可靠。

参考文献:

- [1] 许寿彭,马大为,乐高贵,等.某肩射武器炮易碎盖瞬态动力学与试验研究[J].弹箭与制导学报,2016(1):418-420.
- [2] 蔡德咏,于存贵,马大为,等.一种新型肩射武器炮复合材料前盖的数值仿真[J].系统仿真学报,2012,24(2):284-288.
- [3] 曹苏雅拉图,王雨时,王强,等.单兵肩射武器发射筒前盖破碎规律数值模拟[J].弹箭与制导学报,2013,33(1):121-125.
- [4] 张玲翔.国外小间隙发射箱技术的发展[J].飞航导弹,1998(1):23-28.
- [5] 孙甫.MY29易碎材料在武器系统中的应用[J].宇航材料工艺,2002(2):25-28.
- [6] 王本河,徐乃成,甘小红,等.平衡抛武器制动机构设计与实现[J].弹箭与制导学报,2009,29(4):161-163.
- [7] 贡来峰,芮筱亭,冯可华.平衡抛射武器弹道性能研究[J].南京理工大学学报(自然科学版),2009(2):258-261.
- [8] 陈志坚,赵乃利.单兵武器发射器噪声分析与抑制方法研究[J].弹箭与制导学报,2010(2):146-147.
- [9] 金志明.枪炮内弹道学[M].北京:北京理工大学出版社,2004.
- [10] 时党勇,李裕春,张胜民.基于ANSYS/LS-DYNA8.1进行显动力分析[M],北京:清华大学出版社,2005.

(责任编辑 杨继森)