

多发弹丸同时起爆下破片飞行速度实验研究^{*}

张玉令¹, 罗兴柏¹, 徐 龙²

(1 解放军军械工程学院, 石家庄 050003; 2 78465 部队, 四川广元 628000)

摘要:通过自行设计模拟弹丸, 按照靶场试验要求利用通靶和多路测时仪相结合的方式, 分别对单发弹丸爆炸和多发弹丸爆炸所形成破片的飞行速度进行了实验研究, 得到了两种情况下弹丸破片飞行的速度, 并对格尼公式的计算结果进行了对比分析。研究结果表明多发弹丸爆炸时的破片飞行速度与单发弹丸爆炸时的破片飞行速度相差不大, 但两者都小于格尼公式的计算结果。

关键词:模拟弹丸; 破片; 飞行速度; 实验研究

中图分类号: TJ410.6 文献标志码:A

Experimental Study on Flight Velocity of Fragments in Multi-projectile Explosion

ZHANG Yuling¹, LUO Xingbai¹, XU Long²

(1 Ordnance Engineering College, Shijiazhuang 050003, China; 2 No. 78465 Unit, Sichuan Guangyuan 628000, China)

Abstract: Simulated shells were designed as the experimental projectiles, the flight velocity of fragments in multi-projectile explosion and single projectile explosion were studied by using on switch target and multi-channel time interval measuring apparatus, the flight velocity of fragments was also found and the flight velocity of fragments was comparatively analyzed by Gurney equation. The research results show that the flight velocity of fragments in multi-projectile explosion and single projectile explosion are similar, the two results are smaller than the calculation result of Gurney equation.

Keywords: simulated projectile; fragment; flight velocity; experimental study

0 引言

多发弹丸集中在一起同时引爆时, 弹体之间距离变小, 有可能阻碍壳体膨胀到最大速度半径^[1], 相对于单发弹丸爆炸, 多发弹丸集中爆炸时弹壳内的能量发生了重新分配, 弹丸壳体周围的膨胀环境也发生了变化, 因此, 多发弹丸爆炸后形成破片的飞行速度有可能与单发弹丸爆炸后形成的飞行速度不同。文中即基于实验分别对单发起爆和多发弹丸同时起爆下破片的飞行速度进行研究, 探讨多发弹丸起爆时破片的飞行速度规律。

1 试验方法

采用自行设计的模拟弹丸作为试验用弹丸, 弹丸壳体为金属材料, 弹丸装药采用注装方式装入某种猛炸药, 经过对未装药的十枚壳体和装填好药的十发弹体进行抽样计算, 可以获得弹丸壳体的质量、炸药的质量和炸药的装药密度。采用起爆药柱和电雷管起

爆的方式对模拟弹丸进行起爆, 采用透明胶带将起爆药柱与弹体连接, 电雷管插入起爆药柱孔内, 准备好的自制装置见图1。

采用测时仪测量法获得破片的飞行速度^[2-3]。这种方法是利

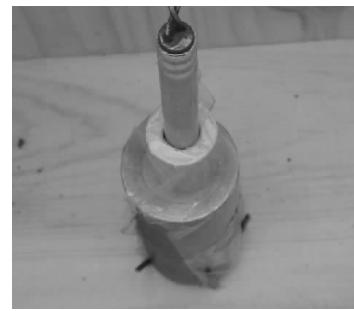


图1 自制装置

用测速靶和测速仪获得破片飞行一定距离所需要的时间, 来计算出飞过这段距离时破片的平均飞行速度。具体的测试原理见示意图2, 本实验所采用测速靶为通靶, 每对靶板是由两个通靶组成, 并且每个通靶与测时仪相连, 以靶板对2为例, 靶板对2的两个通断靶与测时仪相连, 破片未到达通断靶时, 通靶与测时仪的电路回路是断开的, 当破片飞行到第一个通靶时, 破片将通靶与测时仪的电路回路导通, 计数器获得信号开始计时, 当破片飞到第二个通断靶时, 将第

* 收稿日期: 2011-12-04

作者简介: 张玉令(1983-), 男, 山东聊城人, 博士研究生, 研究方向: 弹药技术与保障。

二个通断靶与测时仪的电路回路导通,则产生一个计时信号,该信号为靶板 2 的计时结束信号,两个通靶产生信号的时间间隔即为靶板飞过两通断靶间的距离 S_0 所用的时间 T_0 ,则根据式(1)用两靶间的距离 S_0 除以 T_0 即可获得破片的飞行速度 V_0 。如果沿不同位置处设置更多的靶板,如图中的靶板 3 和靶板 4,则可以测得更多的速度数据,对测得结果求平均,将会使数据更加准确。

$$V_i = \frac{S_i}{T_i} \quad (1)$$

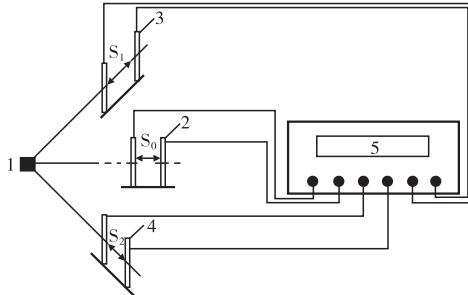


图 2 测速原理示意图

实验采用南京理工大学设计的 NLG202G-2 型六路电子测时仪,电子测时仪与靶板的连接方式和电子测时仪的面板正面分别见图 3 和图 4。

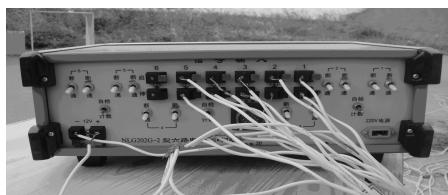


图 3 电子测时仪与靶板的连接方式



图 4 电子测时仪的面板正面

本实验采用的靶纸大小尺寸为 $0.2\text{m} \times 0.3\text{m}$,第一靶距离爆炸中心的距离为 3m ,半径为 3m 的球面面积是一张靶纸面积的 1884.956 倍,参考其它型号弹丸爆炸所形成破片的数量,经过初步理论计算,本实验所用模拟弹丸产生的破片数不超过 1000 枚,因此,对于某一对通靶不能确保有破片通过。对于每次试验,为了确保尽可能的捕捉到信号,设置五路通靶增大破片捕捉面积,五路通靶的具体靶场布置和三发弹丸的设置方式见图 5、图 6 和图 7。



图 5 模拟弹丸与测速靶布置现场正视图

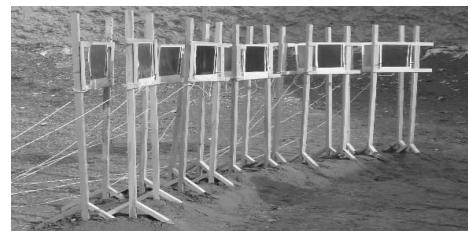


图 6 弹丸与测速靶布置现场侧视图

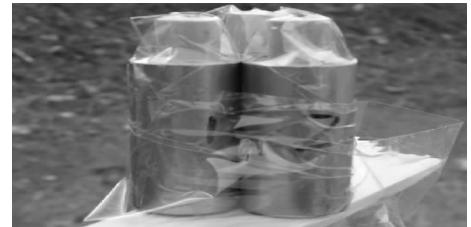


图 7 三发模拟弹丸连接图

2 实验结果与分析

利用该方法测量破片飞行速度的一个难点为确定破片的实际飞行距离,因为对于实际测量过程中,存在着破片飞行角度对测量结果精度的影响,如图 8 所示,假设第一靶最高点对应的破片飞行角度为 α ,如若破片按初始飞行角度 α 飞行,则破片在两靶之间的飞行路程大于两靶之间的距离,如用两靶之间的距离直接除以测量的时间获得平均速度,获得的速度值偏小。



图 8 速度计算示意图

如取图 8 中通靶 1 高度为 H ,通靶 1 距离破片初始飞行点的距离为 L 。为了保证第二靶通过的破片都是通过第一靶的破片,则第二靶的最高点对应破片初始角度都为 α ,破片在两靶之间能够飞行的最大路程对应的初始角度即为 α ,根据几何关系,可以求出第一靶和第二靶之间破片能够飞行的最大路程与两靶之间距离的比值 ϕ 为:

$$\phi = \sqrt{1 + \left(\frac{H}{L}\right)^2} \quad (2)$$

由上式可知, ϕ 由第一靶的高度和其与爆炸点距离的比值决定, 只要将第一靶高度设置为尽量小, 第一靶距离破片初始飞行点尽量远就能得到较小的 ϕ 值。本实验将第一靶高度设置为 0.3m, 弹丸爆炸点距离第一靶的距离设置为 3m, 根据式(2) 可以计算出 $\phi = 1.00499$, 在此设置的情况下, 直接用两靶间的距离代替破片的实际飞行距离最大误差不超过 0.005, 完全可以忽略不计, 因此, 本实验直接用两靶间的距离除以测时仪测得的时间获得破片的飞行速度, 两靶间的距离设置为 0.2m(见图 9)。



图 9 碎片对靶板作用效果

经试验和计算得到单发弹丸爆炸和三发弹丸同时集中爆炸时破片的飞行速度, 结果见表 1。

表 1 速度测试结果

序号	单发速度 / (m/s)	三发速度 / (m/s)
1	386.414	564.103
2	657.004	360.738
3	432.851	478.261
4	523.921	537.897
5	398.034	482.835
平均值	479.6448	484.7668

在工程应用中, 常采用格尼公式对破片初速进行估算, 格尼公式为^[2]:

$$V = \sqrt{2E} \sqrt{\frac{m_\omega}{m_s + 0.5m_\omega}} \text{ (m/s)} \quad (3)$$

(上接第 97 页)

- [5] 曹苏雅拉图, 王雨时, 王强, 等. 某尾翼火箭弹碰撞薄弱目标前冲过载系数仿真研究 [J]. 探测与控制学报, 2012(2).
- [6] LSTC, LS-DYNA KEYWORD USER'S MANUAL (VOLUME I) [M]. California: Livermore Software Technology Corporation, 2007.
- [7] 陈春龟, 李伯龙, 聂祚仁. 穿甲弹侵彻铝合金靶板数值模拟研究 [J]. 科学技术与工程, 2010 (14): 3442 – 3445.
- [8] 尚晓江, 苏建宇, 王化锋. ANSYS/LS-DYNA 动力分析方法与工程实例 [M]. 北京: 中国水利水电出版社

式中: m_s 、 m_ω 分别为弹丸壳体和炸药的质量, $\sqrt{2E}$ 为取决于炸药性能的常数, 对于 TNT 常取 $\sqrt{2E} = 2316 \text{ m/s}$ 。利用式(3) 计算出本实验用弹的初速为 652.128m/s。

由表 1 测试结果可知, 单发弹丸爆炸后破片的飞行速度虽然比三发弹丸爆炸后破片的速度低, 但两者相差不大, 并且实测速度都小于由格尼公式计算的速度, 这是由于格尼公式在计算的过程中尽可能多的使炸药的爆炸能量作用在弹丸壳体上, 导致所计算出的破片速度高于实际的速度, 因此, 在对弹药爆炸防护安全方面进行研究时, 直接用格尼公式对弹丸破片进行估算, 进而研究对弹药爆炸破片杀伤的防护时是能够确保安全的。

3 结论

文中利用自行设计的模拟弹丸, 利用通靶与多路测时仪相结合的方式, 分别对单发弹丸引爆和三发弹丸同时引爆下的弹丸破片飞行速度进行了试验测试, 对实验结果进行了总结分析, 并与格尼公式的计算结果进行了对比。本实验的研究为进一步研究多发弹丸爆炸时的破片飞行速度规律奠定了基础, 为研究多发弹丸爆炸时对破片杀伤的防护措施和设防安全距离具有重要意义。

参考文献:

- [1] 北京工业学院八系. 爆炸及其作用(下册) [M]. 北京: 国防工业出版社, 1979.
- [2] 王儒策, 赵国志. 弹丸终点效应 [M]. 北京: 北京理工大学出版社, 1993.
- [3] GJB2425 – 1995 常规兵器战斗部威力试验方法 [S]. 1995.

社, 2008

- [9] 王雨时, 张德智, 曹纯柱. 触发引信防雨试验的等效靶板模拟 [J]. 沈阳工业大学学报, 1994(3): 27 – 37.
- [10] 机械工程手册、电机工程手册编辑委员会. 机械工程手册(工程材料卷) [M]. 2 版. 北京: 机械工业出版社, 1996.
- [11] 楼剑锋, 王政, 洪滔, 等. 钨合金杆侵彻半无限厚铝合金靶的数值研究 [J]. 高压物理学报, 2009, 23(1): 65 – 70.
- [12] 高世桥, 王宝兴. 截锥形弹低中速贯穿薄靶板时的动力分析与计算 [J]. 应用数学和力学, 1986, 7(11): 1033 – 1038.