

【兵器与装备】

# 末敏弹的毁伤效率\*

李福海,董晓瑞

(中北大学 机电工程学院,太原 030051)

摘要:根据末敏弹工作扫描过程,建立末敏弹运动模型,并在此基础上对末敏弹的毁伤幅员进行分析,利用 C++ builder 6.0 编程,进行计算模拟,找出影响末敏弹毁伤效率的最敏感因素,为末敏弹结构参数、性能参数的优化提供依据。

关键词:末敏弹;毁伤率;毁伤幅员

中图分类号:TJ413. +3

文献标识码:A

文章编号:1006-0707(2008)05-0026-02

末敏弹是一种敏感引爆弹药,是把先进的传感器技术和爆炸成型弹丸技术应用到子母弹领域的一种新型弹药。把子母弹的面杀伤特点发展到攻击目标,它利用常规火炮射击精度高的优点,把母弹发射到目标区上空,抛出敏感子弹,敏感子弹在一定范围内扫描,搜索目标。当敏感子弹遥感目标后,便引爆成型弹丸战斗部,摧毁装甲目标。

$$\begin{cases} \frac{dv_x}{dt} = -\frac{1}{m} \left[ \frac{1}{2} \rho_r S_d C_{xzi} (v_x - W_x) + \frac{1}{2} \rho_r^2 S_d C_r \beta_r \times (\sin\theta_r \cos\Delta + \sin\psi_r \cos\theta_r \sin\Delta) \right] - T_x \\ \frac{dv_y}{dt} = \frac{1}{m} \left[ \frac{1}{2} \rho_r S_d C_{xy} + \frac{1}{2} \rho_r^2 S_d C_r \beta_r \times (\cos\theta_r \cos\Delta + \sin\psi_r \sin\theta_r \sin\Delta) \right] T_y + g \\ \frac{dv_z}{dt} = -\frac{1}{m} \left[ -\frac{1}{2} \rho_r S_d C_{zxi} (v_z - W_z) + \frac{1}{2} \rho_r^2 S_d C_r \beta_r \times \cos\psi_r \sin\Delta + T_z \right] \\ \frac{dx}{dt} = v_x, \frac{dy}{dt} = v_y, \frac{dz}{dt} = v_z \end{cases}$$

## 1 毁伤目标模型的建立

子弹的工作过程一般分为4段:抛撒段、开伞充气拉直段、减速和稳态扫描段。如图1所示。当母弹飞至目标上空时,母弹开舱投放出子弹,子弹经过减速伞减速减旋,最后使整个系统定速旋转稳定飞行,末敏弹通过传感器探测到目标后,子弹射向目标,进而毁伤该目标。

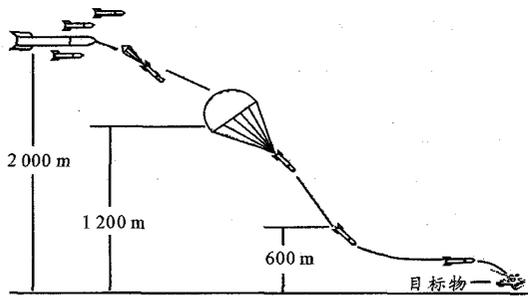


图1 末敏子弹工作过程

根据动量定理  $m \frac{dv_z}{dt} = \sum F_i$  可得末敏弹的质心运动微分方程组:

## 2 末敏弹毁伤幅员分析<sup>[1-4]</sup>

### 2.1 毁伤率

炮弹毁伤目标的概率取决于当时的条件和炮弹的威力。对于炮弹来说,如果当时的条件能用一些变量来表示,再用这些变量的函数来表示炮弹毁伤目标的概率,就可以较全面地反映炮弹在各种不同条件下毁伤目标的效力。这种以变量的函数来表示在各种不同条件下炮弹毁伤目标的条件概率就称为毁伤率。

1) 对暴露的有生目标的毁伤率。对暴露的有生力量射击时,仅由炮弹破片便可毁伤目标,因此服从坐标毁伤律。设目标面积为  $v$ ,在目标附近有一个包含目标在内的区域  $\Omega$ ,且破片落在该区域内任何位置的概率都相等。那么1个有效破片(命中目标时便可毁伤目标的破片)命中目标的概率为一几何概率  $\frac{v}{\Omega}$ ,设炸点坐标为  $(x, y, z)$  时共有  $m(x, y, z)$  个有效破片落达在  $\Omega$  内,取毁伤目标的条件概率为:

$$G(x, y, z) = 1 - \left(1 - \frac{v}{\Omega}\right)^{m(x, y, z)}$$

2) 对装甲目标的毁伤率。对装甲目标的毁伤律通常采用指数毁伤率形式。假设命中弹数对目标没有“损伤积累”作用,即每次命中后毁伤目标的事件是相互独立的,或者说,每发命中弹的毁伤概率相等,并且命中炮弹在目标幅

\* 收稿日期:2008-04-28

作者简介:李福海,男,山西山阴人,硕士研究生,主要从事发动机总体技术研究。

员内的分布是均匀的.其形式为:

$$G(k) = 1 - (1 - \alpha)^k = 1 - \left(1 - \frac{1}{\omega}\right)^k$$

### 2.2 毁伤幅员

设想有这样一个幅员,它的中心点是目标中心,只要1发炮弹落在该幅员内,目标必然被毁伤;落在该幅员外,目标肯定不被毁伤,则称该幅员为毁伤幅员.

### 2.3 毁伤幅员的确定

根据末敏弹探测目标的规律,我们知道末敏弹扫描轨迹在水平面的投影是渐开线,原因主要是因为末敏弹在下落过程中还以一定的角度 $\theta$ 绕垂直轴线旋转.要求出末敏弹的毁伤幅员,首先要计算出末敏弹扫描轨迹的长度.若末敏弹的探测半径为 $r$ ,目标的宽度为 $l$ ,则末敏弹的毁伤幅员 $S_m$ 为

$$S_m = \frac{2\omega_0 h^2 \tan\theta}{v_p} (r + l)$$

其中: $v_p$ 为末敏弹下降速度; $\omega_0$ 为绕轴线旋转速度; $h$ 为下落初始点的高度.

## 3 仿真结果

根据所建立的数学模型,以某种弹为参考模型,进行计算机仿真.

子弹结构特征参量为:弹的质量2.004 59 kg;弹长0.28 m;弹径0.070 m;极转动惯量0.001 245 88 kgm<sup>2</sup>;赤道转动惯量0.052 45 kgm<sup>2</sup>.

抛撒时的初始条件:开伞点位置(0, 1 000, 0);开伞前速度 $v = 480$  m/s.

气象条件:标准大气,无风状态.

由以上初始条件,通过C++ Builder编程进行计算仿真,得到结果:毁伤概率随落速和转速的变化曲线(图2和图3),标准状态时(没有考虑外界的任何影响)末敏弹的扫描轨迹(图4),在有风作用下末敏弹的扫描轨迹(图5),有控状态时,脉冲力(图6)和推力作用下(图7)末敏弹的扫描轨迹.

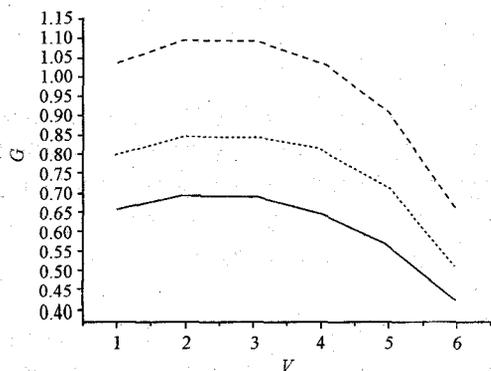


图2 毁伤概率随落速变化曲线

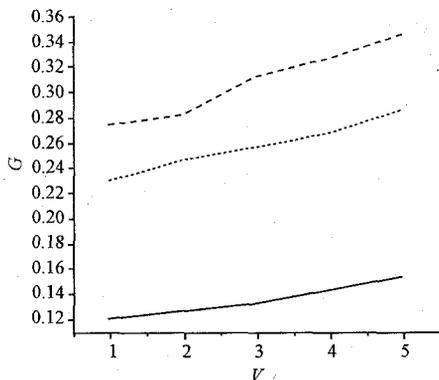


图3 毁伤概率随转速变化曲线

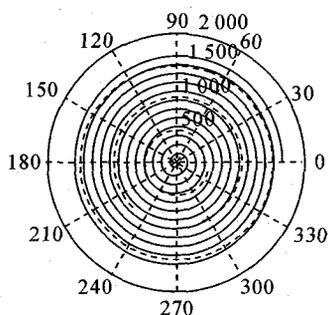


图4 标准状态下末敏弹的扫描轨迹

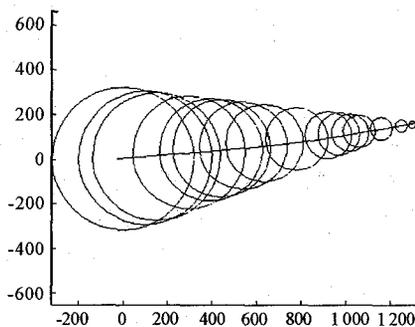


图5 有风状态下末敏弹的扫描轨迹

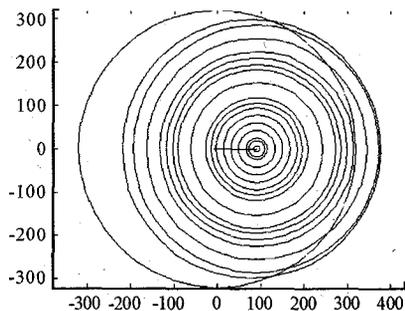


图6 脉冲力作用下末敏弹的扫描轨迹

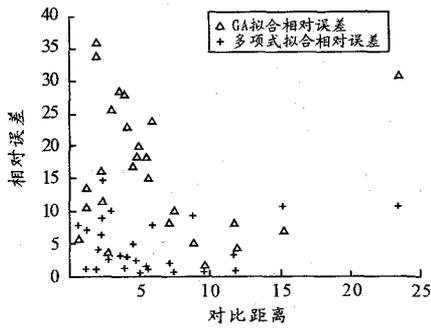


图7 冲量相对误差分布

### 2.3 分析

由图2~7可以看出,2种方法拟合公式的计算结果与实验点总体上符合较好.在大部分区域,2种公式的超压计算结果接近,但在云雾边缘区(对比距离在4.07附近),式(5)的结果优于文献[6]中的结果.其中,式(5)结果的最大相对误差约60%,发生在冲击波作用衰减区,大部分相对误差分布在40%以下,文献[6]中结果的最大相对误差约65%,发生在云雾边缘区;在云雾边缘区,冲量公式(5)计算结果相对稍差,但相对误差也小于35%.

需说明的是,式(5)当对比距离趋近于0时,即在爆心处,超压会趋于无穷大,这不符合实际情况.但据计算,当对比距离为0.5时,计算超压与实验数据的相对误差不超过33%,当对比距离为0.1时,计算超压与实验数据的相对误差不超过61%.由于云雾爆轰为分布爆轰,对比距离过小时的超压计算无实际工程意义,故式(5)未加限制条

件,认为适用于整个爆炸场.

### 3 结束语

本研究利用遗传算法拟合出了云雾爆炸场的超压和冲量计算公式,并结合文献[6]中的公式与实验数据进行了对比,结果与实验数据符合较好,但由于本研究中的公式考虑了爆炸场的连续性,不需要分区计算,使用时可以利用较少的实验点确定相关参数,在工程上具有一定的实用价值,提出的遗传算法拟合相对于传统拟合方法有一定优势.

### 参考文献:

- [1] 张陶,惠君明,解立峰,等.爆炸场超压与威力的实验研究[J].爆炸与冲击,2004(2):176.
- [2] 许会林,汪家骅.燃料空气炸药[M].北京:国防工业出版社,1980.
- [3] 罗艾氏,张奇,白春华,等.燃料空气炸药冲击波超压反演研究[J].弹箭与制导学报,200(1):34.
- [4] 常双君,刘天生,朱晋生.燃料空气炸药的爆炸特性研究[J].中北大学学报:自然科学版,2006(6):508.
- [5] 张陶,惠君明,郭学永,等.燃料空气炸药爆炸场参数的试验研究[J].火炸药学报,2003(2):13.
- [6] 王小平,曹立明.遗传算法:理论、应用与软件实现[M].西安:西安交通大学出版社,2002.

(上接第27页)

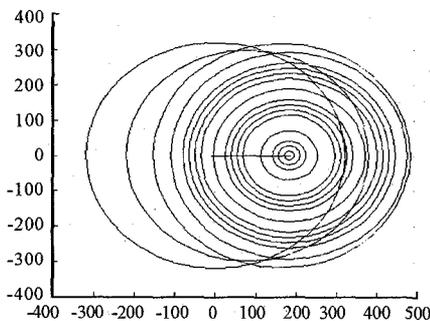


图7 推力作用下末敏弹的扫描轨迹

由上述曲线和扫描螺距可看出:当探测器探测距离一定时,随着落速的增大,扫描螺距也在增大,3种毁伤概率在降低;落速变化对条件命中概率和条件毁伤概率几乎没有影响.落速变化引起扫描螺距的变化,这是毁伤概率变化的主要原因.

### 4 结束语

末敏弹药的可靠性程度直接影响到末敏弹药的作战效能,影响到对目标的毁伤概率.末敏弹是一种新型弹药,目前我国正处于研制阶段.由于末敏弹发射过程复杂,影响因素众多,只有优化结构参数和性能参数,协调好各参数之间关系,才能充分发挥其效费比高的特长.

### 参考文献:

- [1] 秦新昆.末端敏感弹动态命中概率初步计算分析[J].北京:弹道学报,1999(2):49.
- [2] 吴大梁.射击效率的评定及最优方法[D].南京:南京炮兵学院,1987.
- [3] 刘怡听.末制导炮弹对运动目标射击误差分析[J].射击学报,1983(2):38.
- [4] 程云门.评定射击效率原理[M].北京:国防工业出版社,1986.