

# 新型破甲杀伤双用途子母弹 对典型目标射击效力仿真

陶海军, 吴晓云, 仇磊

(陆军军官学院, 合肥 230031)

**摘要:**新型破甲杀伤双用途子母弹主要用于打击战役战术纵深内的高价值目标, 由于单发弹的造价较高, 采用实弹评估其射击效力很难; Monte-Carlo法是一种采用统计抽样理论近似求解数学问题的方法, 用它可以对破甲杀伤双用途子母弹的射击现象进行仿真。选取几种典型目标, 应用该方法, 对破甲杀伤双用途子母弹射击效力进行了仿真, 并得出了一些结论。

**关键词:**新型破甲杀伤双用途子母弹; 统计试验法; 典型目标; 射击效力

**中图分类号:** TJ413

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1006-0707(2012)10-0021-03

国产某火箭炮武器系统配备了新型破甲杀伤双用途子母弹作为其主力弹种, 该型子母弹射程远、威力大, 主要用于打击战役战术纵深内的高价值目标。由于其造价十分昂贵, 所以不论在平时还是在战时, 都不可能像普通火炮那样大量发射炮弹用于检验射击效力, 所以要评估其射击效力, 只能采用预测或预估的方法。目前采用的解析法, 如相当“榴弹”法、母弹(子弹)积分法等, 这些方法都没能较好地克服子母弹的“毁伤重叠”问题。而 Monte-Carlo 法, 具有随机事件仿真的功能, 它是以前容量和高速度的计算机为前提条件的, 是一种计算机上的随机实验, 即在计算机上的“打靶”。我们可以在计算机上对一个目标“发射”几百枚至上千枚“火箭弹”, 据其统计的“射击”结果, 就能具有很高的可信度及精度, 用这样的结果还可以检验或修正解析算法的结果和模型。

## 1 基本模型

仿真法建立的数学模型大多与解析法不同, 但也有相似和借用之处, 尽管2种方法分析思路不同, 但都根植于射击的事理, 因此有些模型, 2种方法都可使用。

### 1.1 目标仿真

目标仿真就是将目标的实际面积转化为它的等效圆来处理。目标区系平面直角坐标系, 以中心为目标位置(或面目标中心位置), 各目标在该坐标系中的描述方法为:

1) 点目标。面积  $L_d \times L_j$ , 则先计算目标等效圆, 半径  $R_0 = \sqrt{L_d \cdot L_j / \pi}$ , 在坐标系  $xoy$  中的方程: 设点目标中心位于原点位置, 有  $x^2 + y^2 = R_0^2$ 。单个面目标也可按上式表示。

其他目标如线状目标也按点目标的描述方法, 体现其形状特点。

2) 集群目标。集群目标是由若干个单位目标组成的。设某单位目标的中心位置为  $(x_{Tj}, z_{Tj})$ ,  $(j = 1, 2, \dots, M)$ ; 其中  $M$  为集群目标中的单位目标数,  $j$  为单位目标序号,  $R_{Tj}$  为第  $j$  个单位目标的等效圆半径, 则各单位目标按下列方程描述。

$$(x - x_{Tj})^2 + (z - z_{Tj})^2 = R_{Tj}^2$$

### 1.2 单发母弹(子弹散布中心)仿真

以远程火箭炮单炮对目标的瞄准点作为母弹(子弹散布中心)的理想落点, 再根据火箭弹 CEP, 即可仿真母弹(子弹散布中心)的实际落点。还可以根据射击误差分组情况, 由诸元误差的方差和散布误差的方差分步来进行仿真。

### 1.3 子弹炸点(落点)仿真

子弹炸点(落点)的仿真, 按照远程火箭炮的特点, 在单发母弹的平均抛撒子弹散布圆内均匀产生子弹的炸点(落点)。

### 1.4 毁伤判定及射击效力统计

#### 1.4.1 子弹命中判定

子弹命中目标分2种情况<sup>[1]</sup>: 一是子弹直接命中目标; 二是子弹威力触及目标。通过判断子弹实际落点与目标中心之距离是否小于目标等效圆半径来判断子弹是否直接命中目标。通过判断子弹落点与目标中心距离是否小于目标等效圆半径与子弹威力半径之和来判断子弹是否坐标毁伤目标。

#### 1.4.2 目标毁伤判定及射击效力统计

目标毁伤的判定和解析法相同。比如: 第  $j$  个单位目标的等效圆半径为  $R_{Tj}$ , 目标毁伤平均命中弹数  $\omega = 1$ , 目标中心

点的位置为 $(x_{Ti}, z_{Ti})$ , 子弹落点(炸点)的位置为 $(x_i, z_i)$ , 只要满足条件:

$$(x_i - x_{Tj})^2 + (z_i - z_{Tj})^2 \leq R_{Tj}^2$$

子弹就会命中且毁伤目标。如 $\omega \neq 1$ , 统计命中目标的子弹数, 只要大于 $\omega$  则目标被毁伤。

或按照以下方法处理: 在求得一发母弹所有子弹的落点坐标以后, 即可依次判断 $n$  发子弹是否落入第 $j$  个单位目标等效圆内。若落入目标等效圆内, 则子弹命中目标。若毁伤目标所需的平均命中弹数 $\omega = 2$ , 故可产生一个 $0 \sim 1$  的均匀随机数 $\lambda$ 。当 $\lambda$  属于 $0 \sim 1$  的一个长为 $a = 1/2$  的区间内时, 则认为目标被毁伤。不失为一般情况, 取该区间为 $[0.3, 0.8]$ , 此时,  $R_N(j) = 1$ ; 否则 $R_N(j) = 0$ 。

$$R_N(j) = \begin{cases} 1 & \lambda \in [0.3, 0.8] \\ 0 & \lambda \notin [0.3, 0.8] \end{cases}$$

$$j = 1, 2, \dots, M$$

依据目标毁伤准则, 根据以上仿真结果, 判定目标毁伤情况, 可求得一次齐射对目标的毁伤的数学期望<sup>[2-3]</sup>:

$$M_1 = \frac{1}{M} \sum_{j=1}^M R_N(j)$$

重复以上步骤, 进行 $N_0$  次模拟, 得到模拟结果 $M_1, M_2, \dots, M_{N_0}$

则毁伤比的数学期望:

$$R_N = \frac{1}{N_0} \sum_{i=1}^{N_0} M_i$$

以此作为计算射击效力的指标。

## 2 初始计算条件

### 2.1 计算条件

远程火箭炮单炮对几种典型目标射击, 假定一次齐射发射破甲杀伤双用途子母弹 12 发, 火箭炮每发母弹抛撒子弹数为 600 枚, 抛撒子弹散布圆平均半径为 120 m, 火箭炮决定诸元误差为 $0.3\%D$ , 散布误差为 $1/300D$  ( $D$  为射距离)。

### 2.2 几种典型目标

幅员为 $500 \text{ m} \times 500 \text{ m}$  的坦克连集结地域, 坦克数量为 10 辆, 坦克在集结地域内均匀分布。瞄准位置为集结地域中央。多管火箭炮 (MLRS) 排阵地, 配置数量为 3 门, 炮与炮间隔为 250 m, 分别呈三角形、一线配置, 瞄准位置阵地中央。“帕拉丁” 自行火炮排阵地, 配置数量 4 门, 每 2 门为一组, 炮与炮间隔 100 m, 2 组之间间隔 300 m, 呈一线配置, 瞄准位置为阵地中央。坦克连行进纵队, 坦克数量 10 辆, 间距 100 m, 瞄准位置纵队中央。

## 3 仿真的实现

### 3.1 随机数的产生

随机数的产生是仿真计算的关键, 而具有良好统计特性的随机数是获得可靠的仿真结论的主要保证。下面是 2 类

随机数的产生方法<sup>[4-5]</sup>。

#### 3.1.1 均匀分布随机数的产生

下面使用的 $U(0, 1)$  随机数采用素数模乘线性同余发生器 PMMLCG 产生。其方法如下: 设有一个整数序列 $Z_1, Z_2, \dots, Z_n$ , 定义

$$Z_i = (az_{i-1}) \pmod{m}$$

如果 $a$  和 $m$  满足条件:

1)  $m$  为小于 $2^b$  的最大素数。其中 $b$  为计算机除符号位以外的字长。

2)  $a$  为模 $m$  的一个质元素。即在 $a^l - 1$  可以被 $m$  整除的情况下, 最小的整数为 $l = m - 1$ 。

则可以证明 PMMLCG 具有满周期 $P = m$ 。

对于 32 位计算机, 去掉符号位, 则 $b = 31$ ,

$$m = 2^b - 1 = 2147483647$$

经过验证, 性能比较好的 PMMLCG 有:

$$Z_i = (8^5 z_{i-1}) \pmod{2^{31} - 1}$$

对上式进行归一化处理:

$$R_{i-1} = z_{i-1} / m$$

即可得到服从 $U(0, 1)$  分布的随机数序列 $\{R_i\}$ 。

#### 3.1.2 正态分布随机数的产生

设 $r_1$  和 $r_2$  为 2 个独立的均匀分布随机数, 且服从 $U(0, 1)$  作变换:

$$\eta_1 = (-2 \ln r_1)^{\frac{1}{2}} \cos 2\pi r_2$$

$$\eta_2 = (-2 \ln r_2)^{\frac{1}{2}} \sin 2\pi r_2$$

则 $\eta_1$  和 $\eta_2$  是 2 个独立的 $N(0, 1)$  随机数。由此可见, 正态分布随机数的产生可归结为均匀分布随机数的产生。

### 3.2 子弹落点坐标的仿真实现

由射击误差的数学模型可知, 第 $i$  个子弹落点的坐标:

$$\begin{bmatrix} x_i \\ z_i \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_{01} \\ z_{01} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} x_{02} \\ z_{02} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} x_{03} \\ z_{03} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} x_{si} \\ z_{si} \end{bmatrix} \quad (1)$$

式(1)中,  $\begin{bmatrix} x_i \\ z_i \end{bmatrix}$  是由 4 个随机向量合成的, 除 $\begin{bmatrix} x_{si} \\ z_{si} \end{bmatrix}$  以外都服从二维正态分布 $N(0, \Sigma_m)$  ( $m = 1, 2, 3$ ), 并且可以假定 $x$  分量和 $z$  分量相互独立。

以 $\sigma_{mx}$  和 $\sigma_{mz}$  来产生正态随机数 $x_{0m}, z_{0m}$  ( $m = 1, 2, 3$ ), 并将子弹对落点中心的偏差作为 $x_{si}$  和 $z_{si}$  ( $i = 1, 2, \dots, 600$ )。

若假定子母弹射击指向点与目标中心重合, 则可求得一发母弹中所有子弹相对于目标中心的坐标:

$$\begin{bmatrix} x_1 \\ z_1 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} x_2 \\ z_2 \end{bmatrix}, \dots, \begin{bmatrix} x_{600} \\ z_{600} \end{bmatrix}$$

共有 600 个坐标。远程火箭炮单炮一次齐射时, 则应产生 $12 \times 600 = 7200$  个子弹坐标, 此为一次仿真模拟的结果。

### 3.3 结果与分析

#### 3.3.1 仿真结果

根据以上基本思路及情况设置, 编程进行仿真(仿真模拟次数为 2000)的结果见表 1。

表1 单炮发射破甲杀伤双用途子母弹对典型目标射击,一次齐射的射击效力仿真结果

射击 效力 距离	目标	坦克连集 地域(10 辆 均匀配置)	多管火箭炮排阵地(3 门)		“帕拉丁”自行 火炮排(4 门, 一线配置)	坦克连行军 纵队(10 辆, 间距 100 m)
			三角形配置	一线配置		
30 km		0.364 2	0.145 2	0.154 0	0.262 0	0.220 7
40 km		0.251 8	0.144 7	0.125 8	0.205 5	0.176 5
50 km		0.190 1	0.133 3	0.101 0	0.165 1	0.136 0
60 km		0.132 1	0.103 7	0.091 0	0.131 4	0.107 6
70 km		0.107 0	0.091 3	0.070 7	0.099 5	0.091 9

### 3.3.2 结论

根据计算机仿真模拟 2 000 次的结果看,远程火箭炮单炮在常射距离上对上述 4 种典型目标射击,一次齐射 12 发破甲杀伤双用途子母弹,即可达到 15% 左右的毁伤。

按照文中的仿真算法,用两门远程火箭炮射击,两炮瞄准位置之间间隔为 120 m(或选取适当位置),各进行一次齐射,通过仿真试验,集结地域的坦克连、坦克连行进纵队和“帕拉丁”自行火炮都将有 25% 以上被毁伤。若用排(3 门炮)射击,经仿真计算,射击距离为 50 km,对集结坦克连可达到 35% 左右的毁伤;对 MLRS 多管火箭炮排的毁伤在 30% 以上;对“帕拉丁”自行火炮排射击可达到约 40% 的毁伤。由此可见,对上述几种典型目标射击时,参加射击的兵力应根据战术需要或作战任务,可选定 1~2 门或排射击,在火力分配上应采取单炮分段射击的方式,以获得最佳射击效果。

(责任编辑 周江川)

(上接第 12 页)

## 3 结论

对本研究采用 AVL-EXCITE 软件建立了某型柴油机曲轴—轴承系统的动力学仿真模型,其控制方程考虑了轴承的结构弹性、油膜运动和外加负荷情况下的轴颈动力学,研究了不同冲击强度、转速和轴承间隙对轴承油膜冲击刚度的影响,得到了更加逼真的计算结果,得出的主要研究成果归纳如下:

1) 通过不同冲击强度的仿真计算,得出在较小冲击条件下,对轴承油膜润滑性能的影响较小。但超过一定程度,油膜破裂,摩擦力增大,导致轴承失效。

2) 轴承油膜的最小油膜厚度随转速的增加先增大,然后减小。为了提高轴承的使用寿命,工作时转速不能过低,也不能长期超速运行。

## 参考文献:

- [1] 张廷良,陈立新.地地弹道式战术导弹效能分析[M].北京:国防工业出版社,2001.
- [2] 靳树昌.现代炮兵射击学[M].北京:军事科学出版社,1999.
- [3] 许梅生.炮兵射击基本理论分析[M].北京:兵器工业出版社,2004.
- [4] 靳树昌.远程火箭炮射击理论研究[M].北京:海潮出版社,2005.
- [5] 程云门.评定射击效率原理[M].北京:解放军出版社,1986.

3) 轴承油膜的最小油膜厚度也随轴承间隙的增大先增大,后减小。为了使轴承有效的工作,在确保一定润滑油温度的前提下,必须选择合适的轴承间隙。轴承使用时间过长,间隙增大,油膜的抗冲击刚度减小,所以轴承使用时需要及时更换。

## 参考文献:

- [1] 易太连.某型柴油机曲轴轴承油膜的冲击特性试验研究[J].内燃机学报,2007:63-67.
- [2] 张直明.滑动轴承的流体动力润滑理论[M].北京:高等教育出版社,1986.
- [3] BV0430/85,冲击安全性[S].

(责任编辑 杨继森)