【装备理论与装备技术】　　doi：10.11809/bqzbgcxb2020.S1.006

杀爆战斗部动态威力测试靶标设计及威力评价方法研究

王　林，高秀娟，李晓辉，周　辉

（1. 中国人民解放军 63850 部队，吉林 白城　137001）

摘要：设计了一种简易地面靶标，可直接测试制导杀爆弹对地面的破片散布和分布密度，计算对不同目标的杀伤威力。通过靶标着靶破片分布，修正弹药的静动态破片飞散模型，为精确评定弹药的毁伤效能提供数据支撑。

关键词：杀伤威力；靶标；破片飞散；毁伤评估

本文引用格式：王林，高秀娟，李晓辉，等. 杀爆战斗部动态威力测试靶标设计及威力评价方法研究[J]. 兵器装备工程学报，2020，41(S1)：23－25，58.

Citation format：WANG Lin，GAO Xiujuan，LI Xiaohui，et al. Design of Dynamic Power Target and Analysis of Power Evaluation Method[J]. Journal of Ordnance Equipment Engineering，2020，41(S1)：23－25，58.

中图分类号：TJ410　　**文献标识码：**A　　**文章编号：**2096－2304(2020)S1－0023－03

Design of Dynamic Power Target and Analysis of Power Evaluation Method

WANG Lin，GAO Xiujuan，LI Xiaohui，ZHOU Hui

（The No. 63850th Troop of PLA，Baicheng 137001，China）

Abstract：In order to test the dynamic lethality of guided explosive bomb，a simple ground target was designed. It can directly test the fragment distribution and density of guided explosive bomb on the ground，and further calculate the lethality of different targets. Through the distribution of target fragments，the static and dynamic fragments dispersion model of ammunition can be modified to provide data support for comprehensive evaluation of the damage effectiveness of ammunition.

Key words：killing power；target；fragments scattered；damage assessment

杀爆战斗部通常利用其爆炸后产生的大量高速破片和爆炸冲击波摧毁目标，能够打击敌地面人员、轻型装甲车辆等目标。对于杀爆战斗部对地面目标的动态杀伤效果评估，通常以静态数据为基础，通过叠加终点处的炸高、落角、落速等动态参数进行理论计算。其计算精度并没有得到充分验证，且静动态威力转换模型，同样没有进行系统修正。文中以模型远程制导杀爆弹为例，设计了一种地面测试靶标，确定了动静态破片飞散模型，可测试弹药对地面目标的杀伤威力，可进一步修正弹药的静动态威力模型[1-4]。

1　动态杀伤威力测试靶标设计

某型制导杀爆弹，装有大量不同直径的预制破片，攻击对象主要为地面人员、轻型装甲车辆、雷达等目标。为能够直接测试该型弹药不同预制破片的杀伤威力，设计了简易的地面靶标，结构如图 1 所示。

收稿日期：2020－04－14；**修回日期：**2020－04－28

作者简介：王林(1983—)，男，高级工程师，主要从事弹药毁伤效能评估研究，E-mail：13634360129@163.com。

通讯作者：高秀娟(1981—)，女，工程师，主要从事弹药静态测量研究，E-mail：gxjda@126.com。

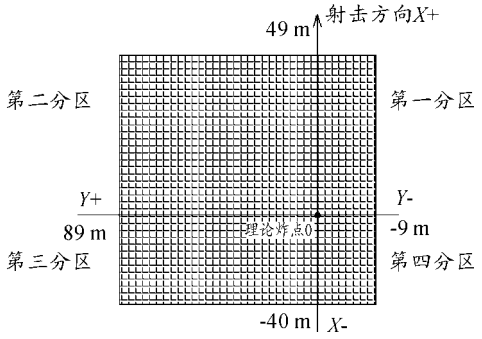

图 1 杀伤威力测试靶标结构示意图

1.1 靶标基本参数

地面测试靶标为薄镀锌板铺设,为防止冲击波损坏,靶面可采用带有一定小孔的板材。按照射击方向可分为 4 个分区,即 S1($X+\ Y-$)、S2($X+\ Y+$)、S3($X-\ Y+$)、S4($X-\ Y-$),对靶面进行编号,为方便试后数据录取,编号区域大小为 1 m×1 m。弹药射击爆炸后,可依次查找各分区编号上的弹孔并标识记录,来统计不同类型破片在地面靶标上的分布情况。统计记录如表 1 所示:

表 1 地面靶标破片记录表

X \ Y	-9	-8	…	0	…	89
	1 mm	1 mm		1 mm	1 mm	1 mm
	5 mm	5 mm		5 m	5 mm	5 mm
	13 mm	13 mm		13 mm	13 mm	13 mm
-40						
⋮						
0						
⋮						
49						

以 $N_{ij}(n)$ 分别代表(i, j)编号区破片数量,n 取值 1,2,3,4 时分别表示不同尺寸预制破片数量和总数量。可建立地面破片着靶分布函数 F:

$$F = N_{ij}(n) \tag{1}$$

式中:$i=[-40:49]$, $j=[0:89]$。

1.2 基于靶标测试数据的杀伤威力计算

根据爆炸结果,在靶标上可统计 S1、S2、S3、S4 各分区编号上不同破片类型的破片数量。根据破片数量,可分别计算对不同目标的杀伤威力。在不考虑偏航的情况下,在后期计算中可只计算 S2、S3 分区编号的破片数量,并将其对称。

1) 基于实际破片着靶分区数量

以 $S_{ij}(n)$ 表示(i, j)编号区中破片情况,n 取值 1,2,3,4 时分别表示中不同尺寸预制破片情况和总中破片情况。

当 $N_{ij}(n)=0$ 时,$S_{ij}(n)=0$;

当 $N_{ij}(n)>0$ 时,$S_{ij}(n)=1$。

破片中靶面积 Ω 如下式所示:

$$\Omega = 2\times\sum_{i=-40}^{49}\sum_{j=0}^{89} S_{ij}(n) \tag{2}$$

2) 基于实际破片着靶杀伤概率

把分区编号作为平面,各平面目标可能被杀伤的概率为 P_{ij},则杀伤目标的预期值为[5-8]:

$$p_{ij} = 1 - e^{-\Delta s} \tag{3}$$

$$\Delta = \frac{N_{ij}(n)}{1\times 1} \tag{4}$$

$$\Omega = 2\times p_{ij}\times 1 \tag{5}$$

式中:s 为不同目标的迎弹面积(m^2),人员目标可取为 0.75 m^2。对于人员目标,$N_{ij}(n)$ 中的 n 取值为 4,即所有破片类型,对于其他目标,n 需根据目标特性取相应的值。

3) 基于实际破片着靶包络

对于破片着靶分布函数,可建立其包络图,计算其包络面积 Ω_b 作为破片中靶面积。其包络面积可按下式计算。

$$L_{ij}(n) = j.S_{ij}(n) \tag{6}$$

$$\Omega_b = 2\times\sum_{i=-40}^{49}\max L_{ij}(n) \tag{7}$$

式中,n 取值 1,2,3,4 分别对应不同预制破片情况和总破片情况。

1.3 基于靶标测试数据的破片空间分布模型

在该靶标的基础上,根据统计结果,可进行动静态破片空间分布模型的修正。以弹炸点在地面上的投影 O 作为原点,射弹的水平方向为 X 轴,垂直于弹道平面向里为 Y 轴,垂直于地面向上为 Z 轴,建立地面坐标系 $OXYZ$。以弹的战斗部中心为原点 O_d,弹轴方向为 X_d 轴,垂直于弹道平面向里为 Y_d 轴,建立弹体右手坐标系 $O_dX_dY_dZ_d$。坐标系如图 2 所示。

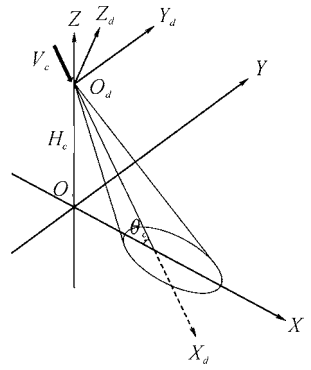

图 2 地面和弹体坐标系

弹体坐标系可以通过①绕 Y_d 轴顺时针旋转角 θ_c;②沿 Z_d 轴向下平移距离 H_c,达到与地面坐标系一致。则由地面坐标系向弹体坐标系的转换关系为:

$$[x_d\ y_d\ z_d\ 1] = [x\ y\ z\ 1]\begin{bmatrix}\cos\theta_c & 0 & \sin\theta_c & 0\\ 0 & 1 & 0 & 0\\ -\sin\theta_c & 0 & \cos\theta_c & 0\\ H_c\sin\theta_c & 0 & -H_c\cos\theta_c & 1\end{bmatrix} \tag{5}$$

根据地面靶标编号的位置,理论上可以得到任意网格中破片落点在地面坐标系下的位置 $A(x_0, y_0, 0)$。由于试验时工作量较大,没有记录各个破片的坐标,仅统计了地面靶各个小区间内的破片数量,计算时根据网格靶所在的位置通过随机函数得出某个破片在地面坐标系下的位置坐标。然后根据式(5)可得此点在弹体坐标系下的坐标 $(x_{0d}, y_{0d}, 0)$。如图3所示,矢量和弹轴之间的夹角 φ 即为破片的动态飞散角,则其值为:

$$\cos\varphi = \frac{x_{0d}}{\sqrt{x_{0d}^2 + y_{0d}^2 + z_{0d}^2}} \tag{6}$$

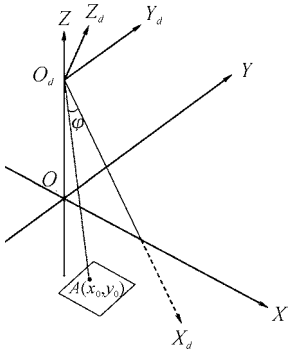

图3　破片动态飞散角

2　基于靶标数据的威力评价

某型远程制导杀爆弹,终点参数为落速1 053 m/s,落角为48°,炸高为29 m,为简化计算,没有考虑偏航和落点精度误差。其总破片落点分布如图4、图5所示(数据已对称):

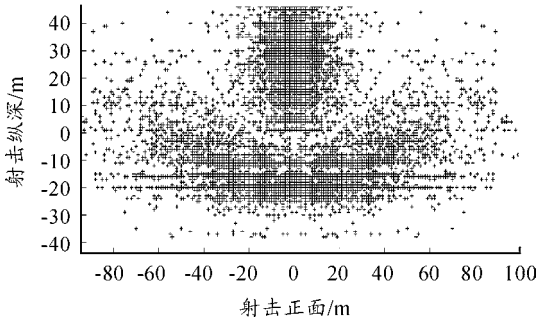

图4　动爆破片落点投影示意图

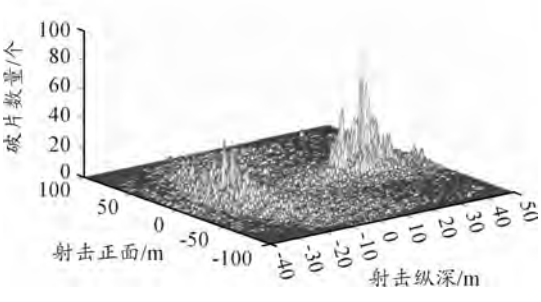

图5　某型制导杀爆弹动爆破片落点三维示意图

对图4数据,按照1.3进行计算,以射击方向为战斗部轴向方向,其破片动态空间分布如图6所示。

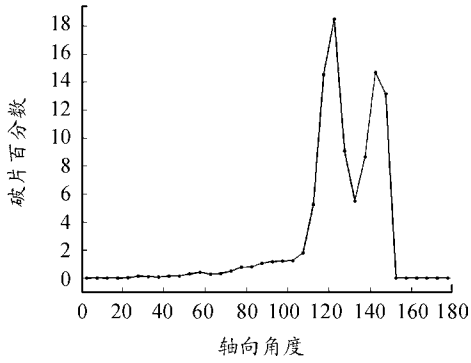

图6　某型制导杀爆弹破片动态空间分布曲线

弹药爆炸时,制导舱、推进舱等其他舱段沿着射向方向,对地面形成较大密度。当只进行战斗部静爆时,前后没有舱段,不会形成图6的结果。

按照本文1.2节的不同计算方法,其总破片对人员目标的杀伤面积值如表2所示。

表2　某型制导杀爆弹杀伤面积值

计算方法	杀伤面积/m^2
基于着靶分区数量	7 112
基于杀伤概率	5 424
基于破片包络	14 346

基于着靶数量,其杀伤面积为7 112 m^2,该方法严格按照实际破片散布情况,对着破片的靶标分区进行了累计。但是该方法没有考虑破片在各着靶分区的破片密度,即在每个1 m^2 的分区内,没有考虑破片数量的多少,只是体现在是否有破片击中该分区。

基于杀伤概率,其杀伤面积为5 424 m^2,该方法在着靶分区数量的基础上,对不同目标的杀伤概率进行了分析,即考虑了破片在每个分区的分布密度,该方法更加科学。

基于破片包络,其杀伤面积为14 346 m^2,该方法只考虑了破片在每个分区方向上的最大飞行距离,没有考虑最大距离内的破片的散布和分布密度。

从以上分析得知,基于杀伤概率的杀伤威力评价,综合考虑了破片的散布和分布密度,更能体现弹药的实际杀伤能力。因为靶标分区大小为1 m×1 m,数据录取时没有记录每个破片的精确坐标,只记录了分区内破片数量,在计算时存在误差。

3　结论

1)针对某型远程制导杀爆弹预制破片特点,设计了简易的地面靶标,可直接测试射击条件下破片的杀伤分布情况。

(下转第58页)