

doi: 10.7690/bgzdh.2015.07.019

一种预制破片弹对装甲毁伤计算模型

聂浩, 吴正龙

(陆军军官学院二系, 合肥 230031)

摘要: 针对现有毁伤评估方法不能有针对性地计算出装甲目标各部件的毁伤问题, 对现有毁伤评估方法进行改进并提出一种预制破片弹对装甲目标的毁伤计算模型。根据战斗部相关参数计算出预制破片的速度和运动轨迹, 结合装甲目标的部件分布及其防护性能, 得出破片对装甲目标各个部件的毁伤情况, 综合评估得到装甲目标的毁伤情况。该模型过程数据丰富、通用性强, 可为毁伤评估提供参考。

关键词: 预制破片弹; 毁伤效能; 轨迹线

中图分类号: TJ410.2 **文献标志码:** A

A Calculation Model of the Damage Efficiency Against Armored Target for Preformed Fragment

Nie Hao, Wu Zhenglong

(No. 2 Department, Army Officer Academy, Hefei 230031, China)

Abstract: Because the current method could not work out the damage of components, this text improved the method of damage assessment and put forward a new calculation model. The speed and motion trail of preformed fragment were worked out on the basis of the warhead's parameters, combine the location and protective performance of components, the damage of every component was calculated and the comprehensive damage could be assessed. This model is rich in process data and highly versatile, which can provide reference for damage assessment.

Keywords: preformed fragment; damage efficiency; motion trail of preformed fragment

0 引言

装甲目标的毁伤划分为丧失运动能力(M级)、丧失火力(F级)、灾难性毁伤(K级)。对装甲目标不同部件的毁伤, 会造成不同的毁伤效果, 装甲目标的关键部件多位于装甲内部, 而破片式战斗部对装甲目标的毁伤效能研究, 目前多集中在破片对装甲板的毁伤效能研究^[1-2], 不能有针对性地计算出各部件的毁伤, 针对此问题, 笔者研究了预制破片与装甲目标的交汇, 以及破片贯穿装甲板厚对内部部件的毁伤, 计算出预制破片对装甲目标各部件的毁伤概率, 建立相应的毁伤计算模型。

1 破片场威力参数计算

1.1 速度计算

战斗部静止爆炸时, 炸药爆轰产物与冲击波驱动破片, 使其高速运动, 其速度由炸药性质、质量和壳体材料等参数决定, 破片初始速度一般用格尼公式^[3]表示:

$$v_0 = D_0 \sqrt{\frac{C/m}{1+0.5C/m}} \quad (1)$$

式中: v_0 是初始速度; D_0 是炸药格尼指数, 由炸药性质和装药密度等决定; C 是炸药质量; m 是弹壳质量, 包含预制破片、套筒、弹体质量。文中主要研究预制破片, 计算预制破片速度时, 相关参数仅选取圆柱部部分。

考虑战斗部速度的叠加, 破片运动初始速度为

$$v_{f0} = \sqrt{v_0^2 + v_z^2 + 2v_0 v_z \cos\psi} \quad (2)$$

式中: v_p 是战斗部弹道终点速度; ψ 是战斗部轴线与破片静爆初始速度夹角, 称为飞散方位角。

1.2 速度衰减

由于空气阻力的影响, 破片在运动过程中速度不断衰减, 其速度可由下式表示:

$$v_f = v_{f0} \exp(-C_D \rho_0 S_f R_f / 2m_f) \quad (3)$$

式中: v_f 是破片某个位置的速度; C_D 是空气阻力系数; ρ_0 为该位置空气密度; S_f 为破片迎风面积; R_f 为破片直径; m_f 为破片质量。

1.3 破片飞散角

炸药在圆柱部中心起爆, 根据 Shapiriv 理论^[4-5],

收稿日期: 2015-03-13; 修回日期: 2015-04-19

基金项目: 全军军事类研究生资助课题(2012JY002-269)

作者简介: 聂浩(1989—), 男, 安徽人, 在读硕士, 从事目标毁伤与终点效应研究。

冲击波以球形向外传播, 设弹轴与冲击波阵面法线夹角为 ψ_0 , 破片速度方向与该位置壳体法线夹角为 θ_0 , 速度与弹轴夹角为破片飞散方位角, ψ_1 、 ψ_2 分别是破片飞散方位角的边界值, 则破片的飞散角为 $\Delta\psi = \psi_1 - \psi_2$ (图 1)。

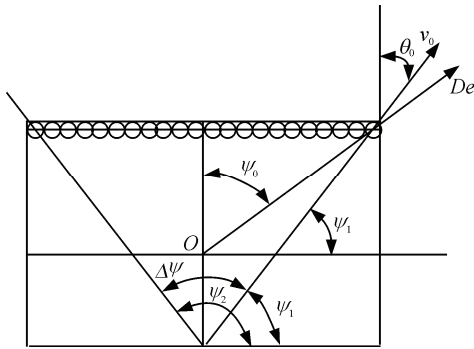


图 1 飞散角示意图

由上图可得方位角 ψ_1 、 ψ_2 分别为:

$$\begin{cases} \psi_1 = \frac{\pi}{2} - \theta_0 - \gamma_d \\ \psi_2 = \psi_1 + \Delta\psi \end{cases} \quad (4)$$

式中 γ_d 为弹壳法线与弹轴的夹角。

破片速度方向与壳体法线夹角 ψ' 可由泰勒公式推导:

$$\psi' = \arctan\left(\frac{v_0 \sin \psi}{v_0 \cos \psi + v_0}\right) \quad (5)$$

2 交汇计算

2.1 破片运动轨迹

一般单层球形预制破片弹, 其预制破片呈环状紧密分布, M 行 N 列, 圆环半径为 r_h , 长度为 D , 破片半径为 r , 坐标原点 O 位于环形几何中心, 在圆环径向切面建立 xoy 坐标系, 以 y 轴负轴方向为

$$\mathbf{v}_{f0} = \left(\frac{V_0 \cdot \cos \theta_0 \sin \left[\pi \left(2 \frac{d-1}{n} - \frac{1}{2} \right) \right]}{\sqrt{v_0^2 + v_p^2 + 2v_0 v_p \sin \theta_0}} i, \frac{V_0 \cdot \cos \theta_0 \cos \left[\pi \left(2 \frac{d-1}{n} - \frac{1}{2} \right) \right]}{\sqrt{v_0^2 + v_p^2 + 2v_0 v_p \sin \theta_0}} j, \frac{V_0 \cdot \sin \theta_0 + V_p}{\sqrt{v_0^2 + v_p^2 + 2v_0 v_p \sin \theta_0}} k \right) \quad (9)$$

$$\mathbf{v}_{f0} = (ai, bj, ck)$$

综上可得破片 P_{de} 的初始位置、初速、速度方向, 以破片初始位置为原点, \mathbf{v}_{f0} 为方向的射线 $F(d,e)$ 可认为是破片的运动轨迹。

$$F(d, e) = \begin{cases} (X_{de0} + at)i \\ (Y_{de0} + bt)j \\ (Z_{de0} + ct)k \end{cases} \quad t \in [0, +\infty) \quad (10)$$

起点, 按逆时针顺序为破片编号 d , 圆环轴向切面按从弹头向弹尾方向编号 e (图 2)。

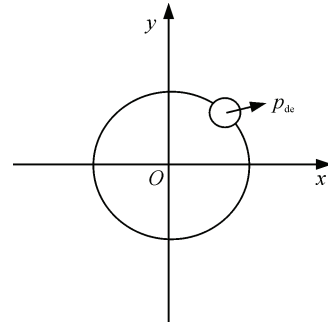


图 2 破片排序

则破片中心 O_{de} 的位置可由下式表示:

$$\begin{cases} X_{de0} = r_h \cos \left[\pi \left(2 \frac{d-1}{N} - \frac{1}{2} \right) \right] \\ Y_{de0} = r_h \sin \left[\pi \left(2 \frac{d-1}{N} - \frac{1}{2} \right) \right] \\ Z_{de0} = r(M+1-2e) \end{cases} \quad (6)$$

则圆环中任意一个破片的位置都可以通过上式计算得出。

破片速度矢量与弹轴夹角 θ_{0de} 为:

$$\theta_{0de} = \begin{cases} \arctan \left\{ \frac{v_0 \cos \left[\arctan \left(\frac{r(M+1-2e)}{r_h} \right) \right]}{4D_e} \right\}, & (e < \frac{M}{2}) \\ -\arctan \left\{ \frac{v_0 \cos \left[\arctan \left(\frac{r(M+1-2e)}{r_h} \right) \right]}{4D_e} \right\}, & (e \geq \frac{M}{2}) \end{cases} \quad (7)$$

D_e 为炸药爆速。

破片动态初始速度为

$$v_{f0} = \sqrt{v_0^2 + v_p^2 + 2v_0 v_p \sin \theta_0} \quad (8)$$

速度方向为:

其中 $F = \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N F(d, e)$ 为战斗部所有破片运动轨迹的集合。

2.2 装甲目标空间模型

确立装甲目标外表面坐标及内部部件相对位置, 采用视图的方式表示。以某型装甲运输车为例, 简化后其外表面及内部部件相对位置表示如图

3~图 7。

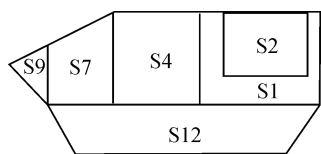


图 3 左视图

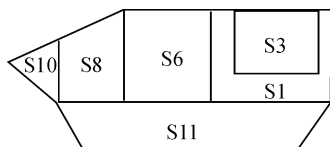


图 4 右视图

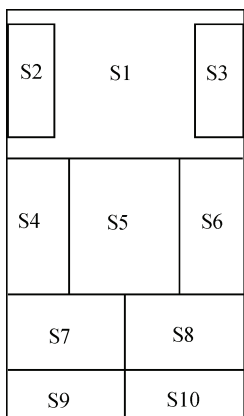


图 5 俯视图

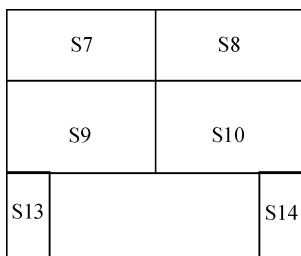


图 6 主视图

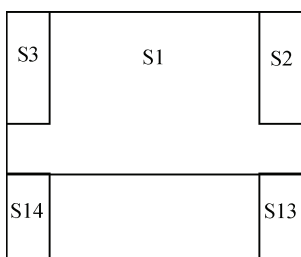


图 7 后视图

图中，S1 为乘员舱，S2 为主油箱，S3 是副油箱，S4 是工具舱，S5 是发动机舱，S6 是车长舱，S7 是通信员舱，S8 是驾驶员舱，S9 是通信设备，S10 是操控设备。S11 为右轮系 S12 是左轮系、

S13、S14 分布为左、右履带。

确立装甲目标外表面及各部件空间位置， T 为装甲目标空间位置集合。

2.3 交汇计算

将破片弹道集合与装甲目标几何位置取交集

$$F = T \quad (11)$$

上式解集 (x_{de}, y_{de}, z_{de}) 为破片与装甲目标交汇点集，即破片作用点集合；对于同一破片与装甲目标有多处交汇，取距离最小解。综上可求得预制破片作用于装甲目标的数量 t 及其毁伤目标位置对应的部件 s_i 。

3 毁伤计算

破片作用于装甲目标时用下式计算靶后余速^[6]：

$$v_{der} = v_s - k(TA)^\alpha (m_f)^\beta (\sec \zeta)^\gamma v_s^\lambda \quad (12)$$

式中： k 、 α 、 β 、 λ 为实验得到的靶板材料特性系数； A 是破片着靶面积； T 是靶板厚度； ζ 破片入射方向与靶板法线夹角。

当 $v_{der} > 0$ 时，即破片贯穿外装甲，可求得贯穿破片数 t' 。

对于装甲目标部件 s_i ，有对应的毁伤能量临界值 p_i ，即破片动能达到该值可认为对部件一定造成毁伤，表 1 为部分部件毁伤能量临界值。

表 1 部件毁伤能量临界值 J

部件	人员	发动机	油箱	通信设备	操纵设备	履带	车轮	工具
临界能量	98	320	240	160	170	600	1 200	400

采用三角函数拟合方法，计算破片对部件的毁伤，对于破片 O_{de} ，其动能为 Q_{de} ，对部件 s_i 造成毁伤概率 P_{de} 用下式表示：

$$P_{de} = \begin{cases} \sin\left(\frac{\pi \cdot Q_{de}}{2 \cdot P_i}\right) & Q_{de} < P_i \\ 1 & Q_{de} \geq P_i \end{cases} \quad (13)$$

对于部件 s_i ，破片场对其毁伤可用下式表示

$$U_i = 1 - \prod_1^{t_i} (1 - P_{de}) \quad (14)$$

式中 t_i 为作用于该部件的破片数。

根据破片对部件的毁伤，结合装甲目标易损性可得出破片对装甲目标的综合毁伤。