

末敏弹扫描运动的影响因素分析*

顾建平¹, 韩子鹏²

(1 南京工程学院, 南京 211167; 2 南京理工大学, 南京 210094)

摘要:针对影响末敏弹扫描运动的落速、转速、扫描角这些因素,依据由四元数法求解伞-弹刚体简化模型得出的系统方程组进行数值仿真,从弹重和静态悬挂角方面列表比较,以求找到所需扫描轨迹最为合适的末敏弹参数。同时又考虑风对弹道的影响,结合具体实例做数值仿真,仿真结果也量化了横风和纵风对扫描轨迹的影响,对作战环境的选择具有指导意义。

关键词:末敏弹;扫描参数;影响因素

中图分类号:TJ413.3;TJ413.6 文献标志码:A

The Analysis on Influence Factors of Terminal Sensing Ammunition Sensing Motion

GU Jianping¹, HAN Zipeng²

(1 Nanjing Institute of Technology, Nanjing 211167, China;

2 Nanjing University of Science and Technology, Nanjing 210094, China)

Abstract: In order to acquire the reasonable indexes of terminal sensing ammunition (TSA), the simulation was conducted according to system set of equations based on quaternion. The result shows the influence of the ammunition weight and the static hanging angular on TSA parameters such as falling velocity, rotation velocity and scanning angle. In addition, wind influence was analyzed, and the simulation was conducted.

Keywords: TSA; scanning parameter; influence factor

0 引言

末敏弹的一个重要特征就在于其弹道的末段需要保证形成一定的扫描区域。落速、转速和扫描角对形成这个扫描区域有至关重要的影响。从关于末敏弹系统效能^[1]影响因素的分析可以看出,落速太快,末敏弹在空中的扫描时间就短,相同转速条件下的扫描间隔^[2]也会大,容易出现漏扫的情况。此外,停留在空中的时间少,对传感器的要求也高。落速过低,又会给敌方打击末敏弹带来便利;转速越高扫描频率就越高,扫描间距就小,扫描的成功率就高,但这会影响破片打击的命中率,同样,转速越高对电子系统的要求也越高;扫描角越大,扫描覆盖区就越大,但相邻两次扫描轨迹的间距也越大,容易出现漏扫。总之,末敏弹扫描参数的选择需要考虑众多复杂的因素。文中依据由四元数法^[3]求解伞-弹刚体简化模型^[4]得出的系统方程组进行编程计算,主

要分析悬挂角、弹重和风三个因素对扫描运动的影响。

1 静态悬挂角对扫描角的影响

表1 静态悬挂角 θ_0 与扫描角 θ 的关系表

$\theta_0/(\circ)$	28.3	29.3	30.3	31.3	32.3
$\theta/(\circ)$	30.5	31.6	32.6	33.6	34.6

从表1可以看出,随着静态悬挂角的增大,系统在稳态时的扫描角也相应增大,而且总是大于静态悬挂角。这是由于末敏弹转动时产生的离心力使弹体远离铅直轴,导致扫描角增大。

2 弹重对落速和转速的影响

表2 弹重 m 与落速 v 和转速 ω 的关系表

m/kg	10.0	11.0	12.0	13.0	14.0
$v/(\text{m/s})$	14.9	15.6	16.3	17.0	17.6
$\omega/(\text{r/s})$	4.3	4.5	4.7	4.9	5.1

* 收稿日期:2008-09-07

作者简介:顾建平(1982-),男,江苏苏州人,助教,硕士,研究方向:工程力学。

从表 2 可以看出,在其他参数不改变的前提下,随着弹重的增加,落速和转速也相应的变大。这是由于弹重的增大必定使降落伞需要更大的阻力来平衡它才能使系统达到稳态,所以降落伞的落速随之增大,同时落速的增大也会使降落伞的导转力矩^[5]增大,导致转速增大。

3 风对末敏弹弹道的影响

在实际的作战环境中不可能会有理想的气象条件,总是存在着不同的情况,所以有必要对弹道进行修正。对于有伞未敏弹,风是实际气象条件所需考虑的重要因素。

取风速为 V_f , 其在地面惯性坐标系 $Ox_0y_0z_0$ 3 个轴上的投影依次为 V_{fx0} 、 V_{fy0} 、 V_{fz0} 。其中 V_{fx0} 称为横风(方向垂直于射击面 Oy_0z_0); V_{fy0} 称为纵风(方向平行于射击面和水平面); V_{fz0} 称为铅直风(方向铅直向上或向下)。

根据速度叠加原理,有风时伞刚体质心的绝对速度 V_1 可以看作是其相对于空气的速度 V_r (相对速度)与风速 V_f (牵连速度)的矢量和,即:

$$V_1 = V_r + V_f$$

相对速度为:

$$V_r = V_1 - V_f$$

写成分量形式即为:

$$\begin{bmatrix} V_{rx0} \\ V_{ry0} \\ V_{rz0} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} V_{1x0} - V_{fx0} \\ V_{1y0} - V_{fy0} \\ V_{1z0} - V_{fz0} \end{bmatrix} \quad (1)$$

其中 V_{rx0} 、 V_{ry0} 、 V_{rz0} 是相对速度 V_r 在 $Ox_0y_0z_0$ 坐标系三轴上的投影。

而相对速度的模(即大小)为:

$$V_r = \sqrt{V_{rx0}^2 + V_{ry0}^2 + V_{rz0}^2} \quad (2)$$

由于有风时的空气动力、空气动力矩的大小和方向均与相对速度的大小和方向有关,而不是与绝对速度的大小和方向有关。因此,只需将计算空气动力和空气动力矩的相关公式中的 V_1 改为 V_r , 同时将 V_{1x0} 、 V_{1y0} 、 V_{1z0} 对应改为 V_{rx0} 、 V_{ry0} 、 V_{rz0} , 即可得到有风情况时的计算公式。

则伞体的攻角为:

$$\delta_1 = \arcsin\left(\frac{V_{rx0}}{V_r}\right) \quad (3)$$

1) 空气动力 R_1

$$R_1 = \begin{bmatrix} R_{1x0} \\ R_{1y0} \\ R_{1z0} \end{bmatrix} = -\frac{1}{2}\rho V_r C_{x1} S \begin{bmatrix} V_{rx0} \\ V_{ry0} \\ V_{rz0} \end{bmatrix} + \frac{\rho V_r^2 S C'_{y1} \delta_C}{2} \begin{bmatrix} I_{yx0} \\ I_{zy0} \\ I_{yz0} \end{bmatrix} \quad (4)$$

2) 空气动力矩 M_1

$$M_1 = \begin{bmatrix} M_{1x1} \\ M_{1y1} \\ M_{1z1} \end{bmatrix} = \frac{1}{2}\rho V_r^2 S l m'_{xx1} \delta_C \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} - \frac{1}{2}\rho V_r S l^2 m'_{xz1} \omega_z \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} + \frac{\rho V_r^2 S l m'_{z1} \delta_C}{2} \begin{bmatrix} I_{Mz1x} \\ I_{Mz1y} \\ I_{Mz1z} \end{bmatrix} - \frac{1}{2}\rho V_r S l^2 m'_{zz1} \begin{bmatrix} \omega_x \\ \omega_y \\ 0 \end{bmatrix} \quad (5)$$

为了考查风对末敏弹扫描运动的影响,以某型未敏弹参数为例进行了编程计算,弹体质量取 8kg, 弹体静态悬挂角取 27.3° , 抛撒高度取 700m, 降落伞特征长度 0.8m, 计算步长取 0.001s。经计算得出未敏弹的扫描轨迹随风速的变化曲线如图 1 ~ 图 4 所示。

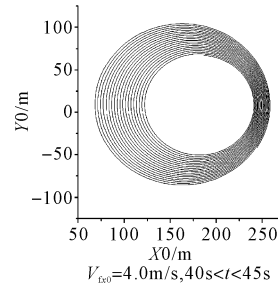


图 1 考虑横风时的扫描图

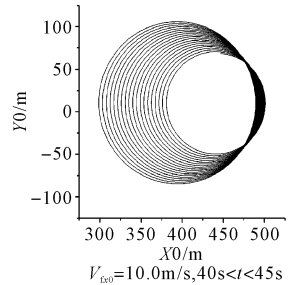


图 2 考虑横风时的扫描图

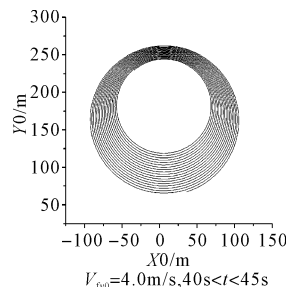


图 3 考虑纵风时的扫描图

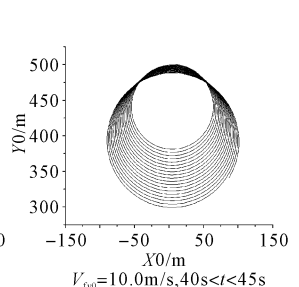


图 4 考虑纵风时的扫描图

从计算的结果可以发现,考虑了风的影响后实际扫描轨迹与理想情况相比出现了漂移,顺风方向的一侧扫描间隔增大,逆风的一侧扫描间隔减小;在风速小的情况下无重叠区域,但是当风速变大到一定程度后,扫描轨迹出现重叠区域,这主要是整个系统发生了顺风漂移的结果。

铅直风对转速、扫描角都几乎没有影响,主要是对落速的影响较大,不同风速所对应的落速值见表 3。

表 3 铅直风 W_{z0} 与落速 v 的关系表

$W_{z0}/(m/s)$	-1.0	-1.5	-2.0	-2.5	-3.0
$v/(m/s)$	14.4	14.9	15.4	15.9	16.4

从表 4 可以看出,落速的下降将会使扫描螺旋间距减小,扫描间距会减小,扫描轨迹变得密集,扫描的成功率增加,但是停留在空中的时间变长。

4 结论

文中从理论上对影响末敏弹扫描运动的因素进行了分析,并通过数值计算分析了各因素对扫描运动的影响情况。仿真分析结果与实验结果大致相符,为末敏弹参数的合理设计提供了参考。

参考文献:

[1] 黄鹏,刘荣忠.末敏弹系统效能灵敏度分析[J].兵工学报,2001,22(3):412-415.
 [2] 赵新生,邢立新,孙超.末敏弹稳态扫描段扫描间隔分析[J].弹箭与制导学报,2005,25(4):900-902.
 [3] 袁子怀,钱杏芳.有控飞行力学与计算机仿真[M].北京:国防工业出版社,2001.
 [4] 刘世平,韩子鹏.末敏弹旋转伞-弹阻力模型研究[J].兵工学报,1997,18(3):221-225.
 [5] 孙乐,韩子鹏,李奉昌,等.末敏弹减速运动和稳态扫描段运动特性的研究[J].航空学报,1998,19(2):147-151.

(上接第 135 页)

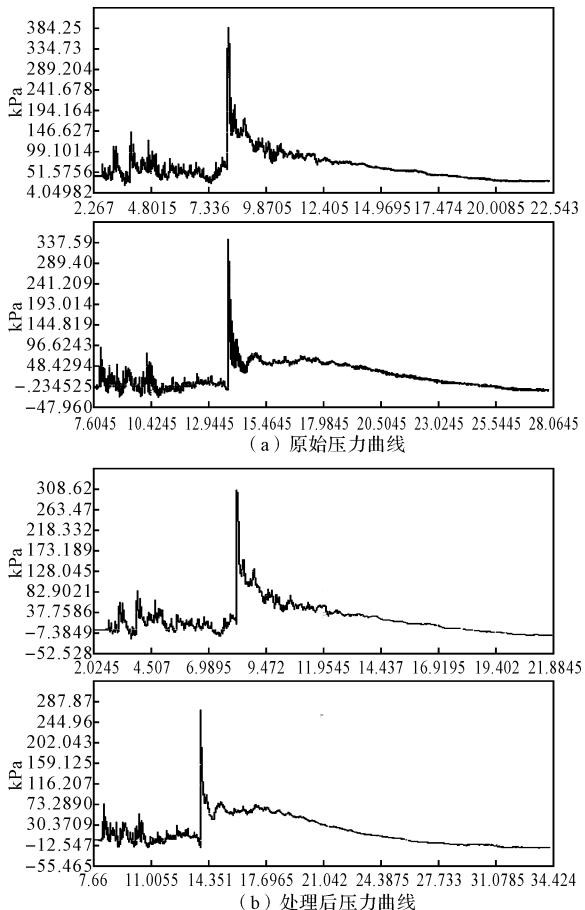


图 5 15m 处两套装置测试压力曲线

4 结论

针对爆炸恶劣环境的特点,设计了一套基于存储技术的冲击波测试系统。经多次在各种大当量弹静爆威力试验中的成功应用,表明本系统可以克服传统有线式测试中长电缆带来的干扰噪声、误触发、布设不方便等不足之处,具有电磁兼容性好、可靠性高、抗干扰能力强、数据捕获率高等特点,在人员和设备安全性方面也具有明显的优势,具有广泛的应用前景。

参考文献:

[1] 孙业斌.爆炸作用与装药设计[M].北京:国防工业出版社,1987.
 [2] 孙忠良,译.美国陆军试验与鉴定司令部试验操作规程, TOP 4-2-822,空气冲击波超压的电测方法[J].兵器试验,1989(5):54-60.
 [3] 祖静,申湘南,张文栋.存储测试技术[J].兵工学报,1994(4):30-34.
 [4] 张爱萍,祖静.存储测试技术在冲击波测试中的应用[J].测试技术学报,1998,12(2):267-270.
 [5] 张志杰,祖静,张爱萍.多参数模型的反滤波算法研究[J].计量学报,1999,20(2):143-150.