

·测试、试验与仿真·

面源红外诱饵的建模与仿真研究

付晓红, 樊秋林

(东北电子技术研究所, 辽宁 锦州 121000)

摘要: 红外成像导弹已经得到了广泛的发展, 与之对抗的面源诱饵随之诞生。根据面源红外诱饵的干扰原理, 结合红外成像制导导弹的工作原理、抗干扰方法, 以美国 MJU-50/B 面源红外诱饵为基础, 建立了飞机、红外成像制导导弹、机载面源红外诱饵的运动和红外辐射模型, 实现了面源红外诱饵空中对抗的仿真, 总结分析了机载面源红外诱饵的特性。

关键词: 面源红外诱饵; 红外成像制导; 辐射能量; 光谱特性

中图分类号: TN972+.1

文献标识码: A

文章编号: 1673-1255(2013)-06-0081-06

Research on Modeling and Simulation of Special Material Decoy

FU Xiao-hong, FAN Qiu-lin

(Northeast Research Institute of Electronic Technology, Jinzhou 121000, China)

Abstract: IR imaging guided missile has been developed widely, special material decoy against it is produced. Based on the jamming theory of special material decoy, combining with operation principles and anti-jamming methods of IR imaging guided missile, on the basis of MJU-50/B special material decoy of America, the motions and infrared radiation models of airplane, IR imaging guided missile and airborne special material decoy are built. Simulation of special material decoy in spatial countermeasure is realized. And the characteristics of airborne special material decoy are summarized and analyzed.

Key words: special material decoy; IR imaging guided missile; radiation energy; spectrum characteristic

红外诱饵以其低成本、高效能、结构简单、可多载多投等优点, 成为红外制导导弹的主要对抗手段之一, 在实战中得到广泛使用。红外成像制导技术的发展使得传统的点源型红外诱饵干扰红外成像制导导弹的有效性大大降低, 为了更好地对抗新型红外成像制导导弹, 面源红外诱饵的研制得到了各国军方的重视。

1 红外成像导弹原理

红外成像导弹的成像功能主要依赖红外成像寻的器。红外成像寻的器一般由红外摄像头、图像预处理电路、图像识别电路、跟踪处理器和摄像头跟踪系统等部分组成。发射导弹前, 首先由发射控制站(如在飞机上)搜索、捕获要攻击的目标, 一旦目标的

位置被确定, 立即引导导弹上的寻的器跟踪并锁定此目标。导弹被发射后, 弹上摄像头摄取目标的红外图像并进行预处理, 得到数字化目标图像。经图像处理 and 图像识别, 区分出目标、背景信息, 识别出要攻击的目标并抑制噪声信号。跟踪处理器形成的跟踪窗口的中心按预定的跟踪方式跟踪目标图像, 并把误差信号送到摄像头跟踪系统, 控制红外摄像头继续瞄准目标, 同时向导弹的控制系统发出导引指令信息, 控制导弹的飞行姿态, 使导弹飞向选定的目标。因此是一种“发射后不用管”的制导方式^[1]。随着导弹与目标之间距离的缩小, 目标在图像平面上的投影将扩大, 且变得越来越清晰, 此时, 寻的器根据目标的形状识别出它的要害部位, 并选目标要害部位的中心作为攻击点。

2 红外成像导弹的抗干扰措施

红外成像导弹抗干扰方法一般是多种抗干扰思想的综合体,同时会受到导弹导引、制导与控制系统的制约,不同型号的导弹其抗干扰方法可能存在较大差异。通常有以下几种方法:基于干扰物与飞机的辐射能量差异的抗干扰方法,基于干扰物与飞机的运动特性差异的抗干扰方法,基于干扰物与飞机的光谱差异的抗干扰方法。

2.1 基于辐射能量的抗干扰方法

基于辐射能量的抗干扰方法主要是利用目标飞机和红外诱饵辐射能量大小差异和变化趋势差异对二者进行区分^[2]。

当传统的红外诱饵投射出去以后,需要经历一个起燃、稳定燃烧、息燃的过程。红外诱饵起燃时,其辐射强度迅速变大。因导弹与飞机的距离变短引起的飞机辐射强度变化非常平缓,不会像红外诱饵起燃那么剧烈,利用红外辐射能量的上升速率的差异可以识别出红外诱饵。

2.2 基于运动特性的抗干扰方法

红外诱饵所受的阻力通常与诱饵的运动方向相反,重力方向垂直向下,在这种受力情况下,红外诱饵的运动特性表现为一种负加速度特征的运动,运动速度迅速减小。导弹主要是利用诱饵与飞机的运动轨迹特性差异对诱饵进行识别的。

2.3 基于光谱特性的抗干扰方法

目前,西方各国使用的红外诱饵辐射波段大都在 $1\sim 3\ \mu\text{m}$ 和 $3\sim 5\ \mu\text{m}$ 波段以内。诱饵光谱辐射的最大值波长在 $1.4\sim 2.0\ \mu\text{m}$;干扰辐射能量一般在 $1\sim 3\ \mu\text{m}$ 、 $3\sim 5\ \mu\text{m}$ 波段内,分配的比例趋势是由短波到长波依次减小,而且诱饵动态光谱分布与静态基本一致。

飞机的光谱辐射与诱饵的光谱辐射是完全不同的,红外成像制导导弹根据飞机与诱饵的辐射温度和辐射光谱分布规律的差异可以识别出红外诱饵。

3 面源红外诱饵干扰原理

面源型红外诱饵在对抗红外成像制导导弹时,

采用了在空间布设红外辐射场、破坏目标红外特征的原理,将面源红外诱饵通过发射器从可进入导引头视场的方向发射出去,发射后,在空中存在许多燃烧单元,随着这些燃烧单元在空中的扩散,可在保护目标方向上形成一定大小的空间红外辐射场。由于面源红外诱饵与被保护目标同处于来袭导弹的视场内,且燃烧时间长于来袭导弹的制导时间,故可达到掩盖或欺骗的目的,使导引头丢失所要跟踪的真实目标^[3]。

机载面源红外诱饵主要以“扰乱”方式来保护飞机等机动性很强的空中快速目标^[3]。当有来袭导弹时,飞机同时投放出多发具有一定辐射强度、运动轨迹和辐射面积的红外诱饵,这样,就会在红外成像制导视场中同时出现多个红外辐射源,在一定距离上与保护平台交融在一起,形成与被保护目标相似的空间热红外图像,从而对红外成像制导系统起到扰乱作用,达到干扰目的。机载面源红外诱饵在投放时,既要有一定的初速度,使其点燃不危及载体平台的安全,又不能与载体分离太快,以便与载体同时进入导引头视场内,因此其投放时机和方式是影响干扰效果的重要因素。

4 仿真建模

以美国MJU-50/B面源红外诱饵和AIM-9X公开的数据作为基础,对面源红外诱饵进行了仿真建模。

合金表面公司的MJU-50/B红外诱饵,是特殊材料(自燃的)先进战略战术一次性投放的红外诱饵,是为运输机、战斗机和直升机应用而研制的。它采用自燃材料,在发射点火前完全密封,当氧化金属箔条从圆筒中弹出后与空气接触就迅速氧化并辐射热量。在有效持续时间内,MJU-50/B与标准燃烧式红外诱饵相差无几,但它辐射热量时不会产生可见光。该弹尺寸为 $1\ \text{in}\times 1\ \text{in}\times 8.1\ \text{in}$,质量为 $340\ \text{g}$,燃烧时间为 $2\sim 3\ \text{s}$,可与美国空军的标准投放系统AN/ALE-40/47 配用。

AIM-9X是“响尾蛇”导弹系列中的第四代最新型号,是美国空/海军用于2000年后的第四代先进近距空空导弹。采用现有“响尾蛇”导弹的发动机、战斗部和引信,着重发展高性能凝视红外成像导引头和低阻力大机动弹体气动外形布局。AIM-9X的机动过载超过 $50\ \text{g}$,最大离轴发射角 $\pm 90^\circ$ 。AIM-9X采用 $128\times 128\ \text{元}3\sim 5\ \mu\text{m}$ 中波凝视红外成像导引头和

低成本微型信号处理电子线路技术。

4.1 面源红外诱饵模型

4.1.1 面源红外诱饵运动模型

4.1.1.1 运动方程

面源诱饵发射初期的速度主要体现发射的初速度和载机自身的速度,随后影响其飞行轨迹的因素有诱饵在飞行过程中所受到的空气阻力、升力和重力、诱饵的质量、诱饵的发射初速度、发射诱饵时载机速度^[5]。

由于空气升力较小,在仿真中忽略不计。面源诱饵所受到的空气阻力 f 方向与运动方向相反,大小与诱饵的运动速度的平方成正比,与诱饵的质量成反比。

诱饵所受阻力及其分量之间的关系可以表示为

$$\begin{cases} f = K_d S \rho V_D^2 / 2m \\ f_x = f \cos \theta \cdot \cos \psi \\ f_y = f \sin \theta \\ f_z = -f \cos \theta \cdot \sin \psi \end{cases} \quad (1)$$

式中, K_d 为空气阻力系数, S 为参考面积, ρ 为大气密度, f_x 、 f_y 、 f_z 为阻力 f 在 x 、 y 、 z 方向上的分量, θ 表示诱饵运动的倾角, ψ 表示诱饵运动的偏角。

面源红外诱饵受力运动方程为

$$\begin{cases} dV_{Dx}/dt = -f_x/m \\ dV_{Dy}/dt = -(f_x - mg)/m(\text{向上运动}) \\ dV_{Dy}/dt = -(f_x + mg)/m(\text{向下运动}) \\ dtV_{Dz}/dt = -f_z/m \end{cases} \quad (2)$$

式中, V_D 为诱饵速度; V_{Dx} 、 V_{Dy} 、 V_{Dz} 为诱饵速度 V_D 在地面坐标系3个坐标上的分量, f_x 、 f_y 、 f_z 为阻力在 x 、 y 、 z 方向上的分量, m 为诱饵的质量。

面源红外诱饵位置与速度的关系为

$$\begin{cases} dX_D/dt = V_{Dx} = V_D \cos \theta \cos \psi \\ dY_D/dt = V_{Dy} = V_D \sin \theta \\ dZ_D/dt = V_{Dz} = -V_D \cos \theta \sin \psi \end{cases} \quad (3)$$

式中, X_D 、 Y_D 、 Z_D 为诱饵在地面坐标系中的位置, V_D 为诱饵速度; V_{Dx} 、 V_{Dy} 、 V_{Dz} 为诱饵速度 V_D 在地面坐标系3个坐标上的分量, θ 表示诱饵运动的倾角, ψ 表示诱饵运动的偏角。

面源红外诱饵质量变化关系为 $\frac{dm}{dt} = M_c$, M_c 为诱饵燃烧过程中的质量变化率。

4.1.1.2 扩散特性

面源红外诱饵是由多个小的燃烧单元组成,一般情况下所说的面源红外诱饵运动轨迹是指诱饵质心的运动轨迹。面源红外诱饵在投放后快速散开,在某一时刻以其质心为中心向四周扩散,在空间均匀分布。

面源红外诱饵投放到空中受到空气阻力、升力和重力等影响,其速度逐渐减慢,质量逐渐减小,在空中形成近似球状的空间分布状态。当载机的速度过大时,面源红外诱饵的空间分布会受到一定影响,形状有所改变,随着载机的飞行方向有所拉长。面源红外诱饵的空间分布及仿真分布分别如图1、图2所示。

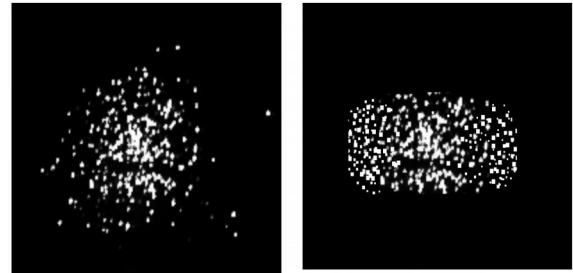


图1 面源红外诱饵空间分布示意图

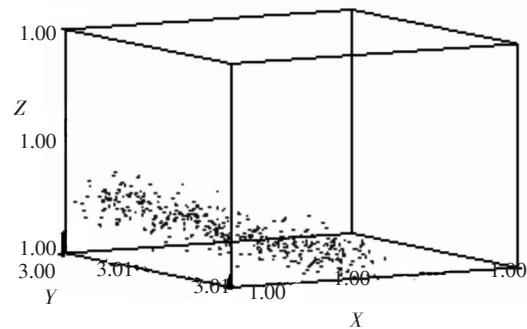


图2 面源红外诱饵仿真实空间分布图

4.1.2 红外诱饵的红外辐射模型

面源红外诱饵在来袭红外成像制导导弹的工作波段内具有目标飞机两倍以上辐射强度,其相应的红外辐射模型为

$$\begin{cases} I_D(t) = MI_p(t) (2 \leq M \leq 7) \\ E_P(t) = \oint_{S_P} I_P(t) ds \\ E_D(t) = \oint_{S_D} I_D(t) ds \end{cases} \quad (4)$$

其中, $E_P(t)$ 、 $E_D(t)$ 分别为目标飞机、面源红外诱饵的

辐射能量; S_p, S_b 分别为目标飞机、面源红外诱饵在弹目视线方向的辐射面积; $I_p(t), I_b(t)$ 分别为目标飞机、面源红外诱饵在弹目视线方向的辐射强度。

4.2 导弹模型

4.2.1 导弹的运动模型

飞机、导弹和面源红外诱饵是在三维空间中运动的,空-空导弹与飞机对抗的简化示意如图3所示。显示了红外诱饵发射时的干扰态势图,设导弹与飞机的距离为 R , 导弹视场角为 α , 飞机与面源红外诱饵的距离为 H 。

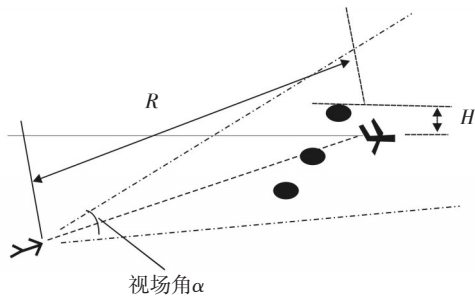


图3 飞机投放诱饵对抗导弹示意图

红外成像制导导弹一般采用比例导引法,其运动模型方程为

$$\begin{cases} x_m(t+\Delta t) = x_m t + v_m \Delta t \cos \theta \cos \phi \\ y_m(t+\Delta t) = y_m t + v_m \Delta t \cos \theta \sin \phi \\ z_m(t+\Delta t) = z_m t + v_m \Delta t \sin \theta \end{cases} \quad (5)$$

式中, $x_m(t), y_m(t), z_m(t)$ 为 t 时刻导弹坐标; $x_m(t+\Delta t), y_m(t+\Delta t), z_m(t+\Delta t)$ 为 $t+\Delta t$ 时刻导弹坐标; v_m 为导弹速度; θ 为导弹与跟踪目标质心连线的俯仰角; ϕ 为方位角。

4.2.2 导弹的制导模型

空-空红外成像制导导弹在不同的阶段,目标图像经历了从点源制导阶段、亚成像阶段到成像阶段直至逐渐增大溢出导引头视场的末制导阶段的过程。因此,仿真中根据弹目距离的不同,选取不同的跟踪算法。当弹目距离处于远距时,目标像点很小,采用了能量中心跟踪算法;在成像初期,采用的跟踪算法主要还是能量中心跟踪算法,同时结合相关跟踪算法,到成像后期,主要是采用相关跟踪算法^[6]。

能量中心算法首先将波门内目标图像的有效面积划成矩阵,然后用阈值对图像进行分割处理。将原来的灰度图像变成二值图像。各阵元即像素的视

频信息幅度凡超过阈值的均参与积分处理,于是目标的能量中心坐标为

$$\bar{Y} = \frac{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n f(i,j) Y_i}{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n f(i,j)} \quad (6)$$

$$\bar{Z} = \frac{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n f(i,j) Z_j}{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n f(i,j)} \quad (7)$$

式中, Y_i 为 Y 方向的第 i 个像元的坐标; Z_j 为 Z 方向的第 j 个像元的坐标; m, n 分别为 Y, Z 方向的分辨像元数; $f(i,j)$ 为图像函数,若像元信息值小于阈值,则 $f(i,j)$ 为 0; 反之 $f(i,j)$ 为 1。

相关算法采用了平均绝对差值算法(MAD),其函数的表达式为

$$d(x_0, y_0) = \frac{1}{m^2} \sum_{x=0}^{m-1} \sum_{y=0}^{m-1} |f(x, y) - g(x+x_0, y+y_0)| \quad (8)$$

式中, $f(x, y)$ 表示基准图像,大小为 $m \times m$ 个像素, $g(x, y)$ 表示实时图像,大小为 $n \times n$ 个像素,其中 $m \leq n$, (x_0, y_0) 为基准图像在实时图像中的偏移值。

4.3 飞机模型

4.3.1 飞机的运动模型

飞机有多个运动参数,运动模型较复杂。简化分析时可认为飞机保持沿航向的匀速运动并没有俯仰或滚转等机动。

飞机的运动轨迹为

$$\begin{cases} [dX_T/dt = V_{Tx} = V_T \cos \theta \cos \varphi] \\ [dY_T/dt = V_{Ty} = V_T \sin \theta] \\ [dZ_T/dt = V_{Tz} = -V_T \cos \theta \sin \varphi] \end{cases} \quad (9)$$

式中, V_T 表示目标飞机速度; θ 表示倾角; φ 表示偏角; X_T, Y_T, Z_T 为目标飞机在地面坐标系中的位置; V_{Tx}, V_{Ty}, V_{Tz} 为目标飞机速度在地面坐标系 3 个坐标上的分量。

4.3.2 飞机的红外辐射模型

在空中,飞机的红外辐射源主要有尾喷口、尾焰和蒙皮,而当红外制导空-空导弹处于尾向攻击状态时,飞机尾喷口和尾焰处的红外辐射对导引头的影响最大^[4]。文中飞机红外辐射主要考虑尾喷管和尾焰红外辐射。飞机尾喷口和尾焰在 λ_1, λ_2 处的红外辐射强度模型如下

$$I_i = \frac{\epsilon_i}{\pi} \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} M_{Bi}(\lambda, T) d\lambda S \cos \theta (i=1, 2) \quad (10)$$

式中, I_1 为尾喷口的红外辐射强度, $\epsilon_1=0.9$ 为尾喷口发射率; I_2 表示尾焰的红外辐射强度, 尾焰辐射模型为发射率 $\epsilon_2=0.5$ 的灰体辐射, 其中 $4.3\sim 4.55 \mu\text{m}$ 为主要辐射带。 θ 为辐射源截面法线与观察方向的夹角, 当导弹处于尾向攻击状态时取值为0; S 均取为飞机尾喷口的面积。文中飞机的辐射强度应为尾喷口和尾焰处的辐射强度之和 $I=I_1+I_2$ 。

5 仿真试验及结果分析

仿真试验中通过设置仿真界面上的环境参数、导弹参数、飞机参数以及诱饵参数等来确定仿真的初始条件。以 0.01 s 为仿真步长, 干扰弹可同时发射

多发, 也可有间隔连续投放, 每发的参数固定。

设定的仿真场景为: 仿真初始时刻的弹目距离为 4 km ; 导弹分别从斜下方、侧向、尾向攻击飞机, 导弹飞行速度为 780 m/s ; 飞机做匀速直线运动, 运动速度为 510 m/s ; 载机携带 30 发面源红外诱饵, 根据上面分析的干扰机理和设定的仿真条件, 对导弹不同攻击方向、发射器的安装位置和面源红外诱饵的投射方案进行了仿真。

在导引头亚成像制导阶段, 此时飞机在导引头上的成像基本上是由其尾焰所形成的“彗星拖尾”。由成像导弹的探测器元数和视场角可计算出不同弹目距离所成像素 n 的对应关系。基于成像弹的探测器元数是 $128 \times 128^{[7]}$, 视场角是 4° , 考虑发动机尾焰, 假定飞机目标尺寸为 6 m , 则弹目距离 L 与像素 n 的关系见表1。

表1 弹目距离与像素的关系

像素个数 n	3	5	6	7	8	15	30	60	90
弹目距离 L/m	3 667	2 200	1 834	1 572	1 375	733	367	183	122

弹目距离大于 4 km 为点源制导阶段, $4 \sim 1.5 \text{ km}$ 弹目距离为亚成像阶段, 1.5 km 以内为成像阶段。文中着重介绍从亚成像到成像的近距离投放面源红外诱饵的仿真效果。

飞机水平飞行过程中, 近距离的主要干扰方式是面源红外诱饵部分或全部有效遮蔽飞机, 使得面源红外诱饵的红外图像与飞机的红外图像进行融合, 干扰飞机的红外辐射特征, 给导引头相关识别算法造成困难。

导弹斜下方向攻击时近距离干扰效果如图4所示, 图4a是只有1枚诱饵干扰的效果图, 弹目距离为 $1 730 \text{ m}$; 图4b是有3枚诱饵的干扰效果图, 弹目距离为 $1 247 \text{ m}$; 图4c是有3枚诱饵的干扰效果图, 其中1枚诱饵已经落在视场之外, 弹目距离为 713 m 。

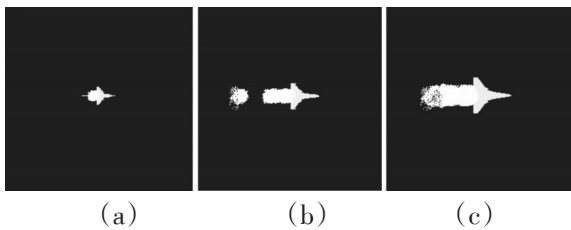


图4 导弹斜下方向攻击近距离干扰截图

导弹侧向攻击时近距离干扰效果如图5所示, 图5a

是只有1枚诱饵干扰的效果图, 弹目距离为 $1 522 \text{ m}$; 图5b是有3枚诱饵的干扰效果图, 弹目距离为 $1 195 \text{ m}$; 图5c是有投放2枚诱饵时的干扰效果图, 弹目距离为 785 m 。

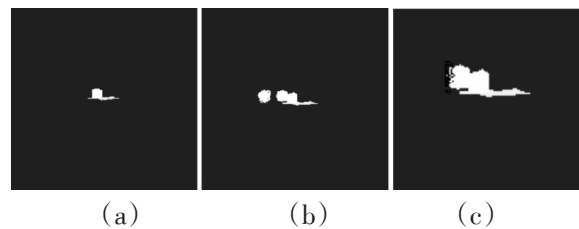


图5 导弹侧向攻击近距离干扰截图

导弹尾向攻击时近距离干扰效果如图6所示, 图6a是只有1枚诱饵干扰的效果图, 弹目距离为 $1 677 \text{ m}$; 图6b是有2枚诱饵的干扰效果图, 弹目距离为 $1 057 \text{ m}$; 图6c是有投放2枚诱饵时的干扰效果图, 弹目距离为 559 m 。

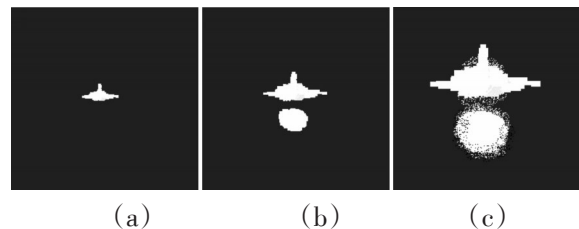


图6 导弹尾向攻击近距离干扰截图

红外成像制导导弹通过探测目标的热辐射来迅速地发现、识别和跟踪目标,因而红外成像制导导弹与生俱来存在一定的缺点:

(1)其热图像只是二维平面图而无立体感,加之热图像与可见光图像存在一定的差异,给目标识别带来一定的困难,容易受到干扰。

(2)显示的热图像是一幅单色辐射强度的分布图,使得目标识别存在一定的难度。

(3)容易受天气情况的影响。红外成像制导导弹像其他武器系统一样,在一定的条件下受到干扰,就会失去作用。如果能够改变目标和背景的辐射特性,减少两者之间的对比度,或者大幅度地衰减进入导引头红外成像传感器系统的辐射强度,都可以使红外成像导引头系统受到干扰。如果干扰的强度相当大,红外成像导引头分辨不出目标的热图像,便可达到干扰的目的^[8]。

6 结 论

通过对美国 MJU-50/B 面源红外诱饵对抗 AIM-9X 红外成像制导导弹的建模和仿真,经分析可知机载面源红外诱饵应具备如下特性:

(1)辐射能量

面源红外诱饵在来袭导弹红外成像制导的全波段内具有目标的辐射强度两倍以上,过大或过小都不利于诱饵成功。

(2)光谱辐射特性

当机载面源红外诱饵燃烧并达到额定辐射能量后,导弹视场内的能量中心位置主要受到面源红外诱饵的影响,因此面源红外诱饵的红外光谱的频段与飞机的红外辐射频段要一致,光谱辐射分布特性也要相同或相似。

(3)辐射面积大

面源红外诱饵的辐射面积应尽量大,以覆盖飞

机的红外辐射面积为最佳。若单发不能实现,则需连续多发投放,形成有效的红外辐射面积。

(4)形成速度快

由于导弹的飞行速度较飞机的速度快很多,有效对抗实现有限,所以面源红外诱饵达到有效红外辐射强度的时间尽量短,以便抓住干扰的最佳时机。

(5)作用时间长

面源红外诱饵可在最短的时间内对红外成像制导形成干扰,作用时间应大于来袭导弹的红外制导时间,直到被保护目标脱离导弹导引头视场。通常单发作用时间达不到要求,采取多发连续发射方式实现。

仿真中发现机载面源红外诱饵在载机上的装机位置和投放方向及从载机投放时的初速度,直接影响面源红外诱饵能否投放在红外成像制导导弹的导引头视场之内。

参考文献

- [1] 吕相银,黄超超,凌永顺.面源型红外诱饵对红外成像制导干扰的评析[J].电子对抗技术,2004(4):41-45.
- [2] 张宏宇,林涛,常晓玲.面源红外诱饵对红外成像制导系统干扰研究[J].光电技术应用,2008,23(3):25-29.
- [3] 万华军,王峰.红外诱饵干扰效果分析[J].舰船电子对抗,2007(6):20-22.
- [4] 林涛,李阔.分布式面源型红外诱饵建模研究[J].光电技术应用,2007,22(1):72-74.
- [5] 田晓飞,马丽华,洪华,等.面源红外诱饵的干扰特性分析及模拟研究[J].激光与红外,2012(2):165-169.
- [6] 杨东升,慕德俊,戴冠中.机载红外诱饵运动特性仿真技术研究[J].西北工业大学学报,2009(6):781-784.
- [7] 梅遂生,王戎瑞.光电子技术[M].2版.北京:国防工业出版社.
- [8] 汪中贤,樊祥,马东辉,等.红外诱饵对红外成像制导空-空导弹的干扰效果研究[J].红外,2009(3):27-31.

(上接第52页)

- [15] HE Jun, WANG Lin, LI Fang, et al. An ameliorated phase generated carrier de-modulation algorithm with low harmonic distortion and high stability[J]. IEEE Journal of Lightwave Technology, 2010, 28(22):3258-3265.

- [16] WANG Guo-qing, XU Tuan-wei, LI Fang. P-GC demodulation technique with high stability and low harmonic distortion[J]. IEEE Photonics Technology Letters, 2012, 24(23):20-93-2096.