

· 光电工程系统技术 ·

机载红外诱饵所需持续时间计算方法分析

于志良¹, 郭永利¹, 李春林²

(1. 东北电子技术研究所, 辽宁 锦州 121000; 2. 光电系统信息控制技术国家级实验室, 河北 三河 065201)

摘要:通过对红外诱饵使用环境及作用过程的分析, 确定了影响红外诱饵所需燃烧持续时间的因素. 在对红外制导系统参数及运载平台相关数据的整理及相关环境因素的合理剥离的基础上, 通过红外诱饵的运动建模, 由 2 种途径入手推导干扰有效时的载机与红外诱饵间的距离, 并将之联列方程, 分析了红外诱饵所需要满足的持续时间的推算方法.

关键词:红外诱饵; 持续时间; 运动模型

中图分类号: TN219

文献标识码: A

文章编号: 1673-1255(2009)02-0027-03

Calculation Method Analysis of Airborne IR Decoy's Continuous Time

YU Zhi-liang¹, GUO Yong-li¹, LI Chun-lin²

(1. Northeast Research Institute of Electronics Technology, Jinzhou 121000, China;

2. National Laboratory of Electro-Optic System Technology, Sanhe 065201, China)

Abstract: The factors influencing IR decoy burning continuous time are determined by analyzing the circumstance and operating process of IR decoy. On the basis of treating the parameters of guidance system and carrier relative data, and rationally removing the relative circumstance factors, through the movement model of IR decoy, the distance between airplane and IR Decoy is derived from two ways when the IR decoy executes an effective jamming, finally an simultaneous equation is established to analyze the calculation method of continuous time required to IR Decoy.

Key words: IR decoy; continuous time; movement model

质心式干扰红外诱饵是一种用来诱骗红外制导系统脱离真目标、具有较强红外辐射的红外干扰弹. 当载机被追踪、锁定时, 将红外诱饵投射到空中, 烟火剂经点燃后迅速燃烧形成假目标. 由于诱饵的辐射强度大于载机的辐射强度, 所以红外制导系统锁定的能量中心点偏向诱饵一边. 随着载机与诱饵之间的距离拉开, 红外制导系统锁定点越来越偏离载机, 从而实现成功干扰. 以下将以质心式干扰红外诱饵为例, 分析其所需持续时间的计算方法.

红外诱饵的辐射波段与被保护目标的辐射波段相吻合的前提下, 红外诱饵需要成功干扰红外制导系统, 并在被保护目标离开红外制导系统视场前, 红

外诱饵应该保持持续燃烧. 即对不同的红外制导系统与不同的使用环境, 红外诱饵需要保证一定的持续时间, 才能成功保护载机. 通过对红外诱饵的使用环境和作用过程的分析, 可以确定影响红外诱饵持续时间的相关因素, 并在此基础上分析红外诱饵成功干扰时需要保证的持续时间的推算过程^[1].

1 红外诱饵所需持续时间计算途径

以机载红外诱饵的战术使用过程为例: 载机被红外制导系统追踪、锁定后, 红外诱饵按照战术使用要求发射, 红外制导系统追踪两者的能量中心, 视场

收稿日期: 2009-03-05

作者简介: 于志良(1964-), 男, 辽宁锦州人, 工程师, 研究方向为红外诱饵设计; 郭永利(1979-), 男, 辽宁锦州人, 助理工程师, 研究方向为红外诱饵设计.

偏离载机,直至载机完全脱离红外制导系统视场时即成功干扰.在此过程中红外诱饵必须保证持续燃烧,所需持续燃烧时间即为红外诱饵所需要保证的持续时间.需要确定的是红外诱饵燃烧的时间,因此只要找出与之相关的速度与相应的路程,就能够求得时间的表达式.红外诱饵实施干扰的过程中,载机脱离视场的过程由红外诱饵发射后载机的飞行及红外诱饵的抛射运动过程来实现.可通过对红外诱饵作用过程的仿真得到某一时刻载机与红外诱饵间的空间坐标,从而得到两者间的距离.并且这里叙述的红外诱饵所需持续时间是红外诱饵保证成功干扰的最小持续燃烧时间,因此只需要对发射后红外诱饵与载机分离所需最多时间的过程进行仿真.在已知视场角及红外制导系统与载机间的距离的前提下,载机脱离红外制导系统视场的临界时刻,载机与红外诱饵间的距离可以计算.

因此,在保证干扰成功的前提下,忽略风速等环境因素对干扰过程的影响,红外诱饵的运动状态以及红外制导系统的系统参数与空间位置等因素决定了红外诱饵所必须保证的持续时间.可以通过由红外制导系统参数及红外诱饵运动状态2种途径计算成功干扰时载机与红外诱饵间的距离,两者联立方程,从而得出红外诱饵所需要保证的持续时间.

2 红外制导系统参数对持续时间的影响

由上述可知,只要在载机由被追踪、锁定到脱离红外制导系统视场的时间段内红外诱饵持续作用,就能实现成功干扰.因此,干扰成功时载机与红外诱饵之间的距离可以通过红外制导系统的参数来确定.

红外诱饵对红外制导系统的干扰效果不仅取决于红外诱饵本身的辐射强度,还取决于载机与红外诱饵之间的辐射强度比例,即在相同的光谱频率范围内,红外诱饵的辐射强度比值.为了有效地诱骗红外制导系统,红外诱饵的辐射强度总是设计的比载机的红外辐射强度大,动态时诱饵与载机能量比一般在2~3之间.根据质心干扰机理,红外制导系统的视场中心应该偏近于红外诱饵,并非是两者的直线距离的中心点^[2].

以红外制导系统视场为圆锥形为例,在红外制导系统的最大探测距离上,圆形视场截面拥有最大半径.因此,红外诱饵为保证干扰有效,必须在持续

时间内持续燃烧,直至载机脱离视场.实际使用中,红外制导系统、载机和红外诱饵相对位置时刻处于变化中.在此为求得理论上的持续时间,可假设红外诱饵、载机运动中时刻处于红外制导系统视场的最大截面上.根据质心干扰原理,红外制导系统的追踪点为载机和红外诱饵的能量中心,且偏近于红外诱饵.因此,干扰成功时载机相对于质心的距离即为红外制导系统圆锥视场的最大截面的半径.

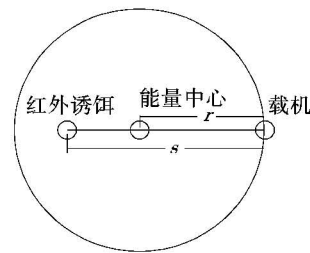


图1 载机脱离时各点在视场中的位置

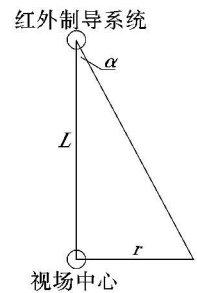


图2 红外制导系统视场及各参数

设动态时诱饵与目标能量比为 k , L 为红外制导系统的最大探测距离, α 为红外制导系统视场角, k 为动态时诱饵与目标能量比.

则在持续时间内干扰成功时载机与红外诱饵间距离可以表示为

$$s = (1 + k)r \quad (1)$$

$$\text{又 } r = L \cdot \tan \frac{\alpha}{2} \quad (2)$$

$$\text{则 } s = (1 + k) \cdot L \cdot \tan \frac{\alpha}{2} \quad (3)$$

式(3)中, α 、 L 可以直接由红外制导系统参数读取; k 为能量比例系数.因此,持续时间时载机和红外诱饵的相对距离 s 可求解.

3 红外诱饵运动状态对持续时间的影响

对红外诱饵的运动过程分析和计算,是确定干扰成功时载机与红外诱饵之间的距离的另一种途径.以下将对红外诱饵的运动过程建模,通过对红外诱饵运动状态的分析计算,确定干扰成功时载机与红外诱饵的坐标,最终求得两者之间的距离.

设载机在水平面飞行,以此为基础建立地面坐标系(O 、 X 、 Y 、 Z). O 为原点,定义为地面某一点,

Y轴为垂直向上,X轴与Z轴在水平面内,载机沿X轴正向飞行.红外诱饵发射后,考虑重力与阻力,经分析可知:红外诱饵的发射后速度分量 v_x 、 v_y 为正(即 $v_x > 0$ 、 $v_y > 0$)时,载机与红外诱饵间的相对速度最小,由红外诱饵发射到有效干扰过程中所用时间最长.并且向飞行方向的左或右侧发射红外诱饵,对红外诱饵所需要保证的持续燃烧时间长短并无影响,因此可设发射后红外诱饵在Z轴上的速度分量沿Z轴正向($v_{z0} > 0$).下面将就此种发射情况进行分析计算.

通过建立红外诱饵的模型^[2],计算出在发射器不同发射方向下,红外诱饵随时间的下降距离.红外诱饵在空中飞行主要受到升力、阻力、重力及发射初速的影响,在这里只考虑阻力和重力,并忽略风速对红外诱饵的影响.阻力是红外诱饵几何形状、速度、质量和大气密度的函数,用 f 表示,即

$$f = \frac{K\rho v^2}{2m} \quad (4)$$

式中, K 为空气阻力系数; ρ 为空气密度; v 为物体与空气的相对运动速度; m 为出膛后燃烧单元的质

量.由式(4)可知,正常情况下空气阻力的大小与空气阻力系数及速度平方成正比,与质量成反比.

由上所述,对发射后红外诱饵进行受力分析,计算3个坐标轴上的速度分量.计算在X轴方向上的速度分量 v_x

$$m \frac{dv_x}{dt} = -f_x \quad (5)$$

式中, f_x 为X轴方向上的阻力.将式(4)代入式(5),并从红外诱饵发射时刻到其飞行任意时刻 t 积分

$$\int_{v_{x0}}^{v_x} \frac{dv_x}{v_x^2} = \int_0^t -\frac{K\rho}{2m^2} dt \quad (6)$$

$$v_x = \frac{2m^2 v_{x0}}{2m^2 + K\rho t v_{x0}} \quad (7)$$

红外诱饵发射初速度在Y轴的分量为正时,那么它运动的全过程是先上升后下降的.

在其上升阶段可得

$$m \frac{dv_y}{dt} = -mg - f_y \quad (8)$$

其中, f_y 为Y轴方向上的阻力.

将式(4)代入式(8),再积分可得

$$v_y = \left| \sqrt{\frac{2m^2 g}{K\rho}} \tan \left\{ \sqrt{\frac{K\rho}{2m^2 g}} \left[\frac{1}{\sqrt{\frac{K\rho g}{2m^2}}} \arctan \left(\sqrt{\frac{K\rho}{2m^2 g}} v_{y0} \right) - t \right] \right\} \right| \quad (9)$$

在其下降阶段可得

$$m \frac{dv_y}{dt} = mg - f_y \quad (10)$$

将式(4)代入式(10)积分,可得

$$v_y = -\sqrt{\frac{2m^2 g}{K\rho}} \left[\frac{e^{2t} \sqrt{\frac{K\rho g}{2m^2}} - 1}{e^{2t} \sqrt{\frac{K\rho g}{2m^2}} + 1} \right] \quad (11)$$

计算在Z轴方向上的速度分量 v_z .因在Z轴上运动与在X轴上运动相似,直接给出

$$v_z = \frac{2m^2 v_{z0}}{2m^2 + K\rho t v_{z0}} \quad (12)$$

假设红外诱饵在时间 t 内是匀速运动的,将 t 分得很小,求出速度的积分即位移.即对式(7)、式(9)、式(11)、式(12)进行积分,利用已解出的式,再与载机位置坐标合成,即可近似的计算出仿真任意时刻 t ,红外诱饵在大地坐标系里的位置坐标(x 、 y 、 z),从而可求得载机脱离红外制导系统视场的临界时刻两者之间的距离.

4 结 束 语

由以上论述可知,将通过红外制导系统参数求解的距离与通过红外诱饵运动过程分析求得的距离式联列,并带入干扰有效的临界点的相关参数,即可确定红外诱饵的持续时间.由于在对红外诱饵的运动过程的仿真计算中忽略了风速等对诱饵的燃烧状态影响的因素,并且这里计算的持续时间为载机刚好脱离红外制导系统视场的临界点的时间,因此所求得的持续时间只是理论值.

参考文献

- [1] 卢君,徐大伟,石永山.机载红外诱饵弹的运动轨迹模型及发展方向[J].光电技术应用,2004,19(6):10-14.
- [2] 洪洋,张科,李言俊.红外诱饵的干扰模型与仿真[J].系统仿真学报,2006,18(2):463-465.