

# 双机闪烁干扰最优距离计算方法

叶广强, 刘亲社, 王星, 李彬

(空军工程大学 工程学院, 陕西 西安 710038)

**摘要:**在对导弹导引头测向系统的诸多干扰方法中,闪烁干扰是一种普遍认为较有效的干扰。闪烁干扰的效果在很大的程度上取决于发射源之间的距离和闪烁频率。本文给出一种评估闪烁干扰效果的新的准则——方差期望比最小准则,根据此准则给出双机闪烁干扰的最优距离计算方法。

**关键词:**闪烁干扰;评估准则;最优距离

**中图分类号:**V24      **文献标识码:**A      **文章编号:**1009-3516(2006)01-0029-02

闪烁干扰的效果在很大的程度上取决于使用时的时空参数:发射源距离和闪烁频率。关于闪烁干扰频率选取方法已经有很多的论述<sup>[1]</sup>。闪烁频率应选导弹自动测向系统的谐振频率,以保证测向系统像单摆一样摆动越来越大;或者是建立闪烁干扰的模型,根据模拟的结果给出所需的闪烁频率。闪烁干扰可以分为同步闪烁干扰和非同步闪烁干扰两种。从干扰效果来说,同步闪烁干扰和非同步闪烁干扰的效果在满足能量关系(即干扰压制系数大于导引头本身的压制系数)的前提下基本相同。

## 1 方差-期望比评估准则

导弹最终误差最大准则是常用的准则,但是此准则没有体现导弹误差的随机特性。在实际情况下,导弹的飞行轨迹和最终误差都必然受到风力等一系列随机因素的影响。为了体现导弹最终误差的随机特性,假设导弹最终误差符合高斯过程,必须考虑导弹最终误差的二阶矩(方差)。

初始条件:双机闪烁干扰,二发射源按随机规律闪烁发射信号。

考虑导弹与目标的相遇条件,以及导弹弹载信号处理机构的主要特性,用导弹最终误差的方差与数学期望的比值最小作为评估准则。设  $D$ 、 $a$  为导弹最终误差的方差与数学期望。则  $\min(D/a)$  为最优距离。

## 2 最优化距离求解

发射源最优距离的确定可以有两种方法,一是建立导弹和飞机飞行的模型,进行模拟仿真。二是利用已知的导弹导航系统的简化解析式得到近似的结论。考虑到飞行中的实际情况(飞机之间的距离难以精确保持),后一种方法使用更加方便,且在某些要评估干扰效能的情况下是唯一可行的方法。

对于确定的导弹数学模型,以导弹最终误差最小为准则的最优距离  $L_0$  为

$$L_0 = \Delta\theta_p^2 V_{ot}^2 / 2J_{\max} \cos q \quad (1)$$

式中: $\Delta\theta_p^2$  为导弹的角度分辨率; $V_{ot}$  导弹与目标的径向相对速度; $J_{\max}$  为导弹可承受得的最大过载; $q$  为导弹接近二目标的角度。为了把导弹误差的随机性和它对最优距离的影响考虑在内,我们采用使导弹误差的方差与数学期望之比为最小的准则。误差方差的近似计算可由下式给出<sup>[2]</sup>:

$$D_h = N_o^2 D_k^3 V_{cb}^2 K_v^2 S_{bl} / 4V_{omn}^2 (D_k K_v - 2V_{cb}) \quad (2) \quad S_{bl} = (1 + \xi)^2 \Phi_n^2 / 2v \quad (3)$$

收稿日期:2005-06-06

基金项目:空军工程大学工程学院科研创新基金资助项目

作者简介:叶广强(1971-),男,山东青岛人,讲师,主要从事电子对抗研究。

式中:  $N_0$  为制导常数;  $D_k$  为导弹巡的结束时与目标的距离;  $V_{cb}$  为导弹接近目标的速度;  $K_v$  为闪烁频率系数;  $S_{bi}$  为噪声谱密度;  $\xi$  为任意值 ( $0 \leq \xi \leq 1$ );  $\Phi_n \cong \Delta\theta_p/2$ 。式(1)中, 导弹误差数学期望的估计见式(4)。由此可得, 导弹误差的方差和数学期望的比值为式(5)。式中  $A$  为不取决于距离  $L$  的其它因素的综合参数。

$$a = \frac{1}{2}L\cos g - \frac{1}{2}J_{\max} \frac{L^2 \cos g}{\Delta\theta_p^2 v_o^2} \quad (4) \quad I = a = \frac{D}{a} = A \frac{L\cos g - (K_v L\cos g - 2v_o \Delta\theta_p)}{1 - J_{\max} \frac{L\cos g}{\Delta\theta_p^2 v_o^2}} \quad (5)$$

为确定  $L$  的最优化数值, 对式(5)求极值, 定义  $b = L\cos g$ ;  $c = \Delta\theta_p v_{cb}$ ;  $e = J_{\max}/\Delta\theta_p^2 v_o^2$ 。式(5)可以表示成式(6)。  $I$  对  $b$  求导数, 得到式(7)。

$$I = b(k_v b - 2c)/(1 - eb) \quad (6) \quad dI/db = (-k_v eb^2 - 2k_v b + 2c)/(1 - eb)^2 \quad (7)$$

根据公式  $dI/db = 0$  确定极值点, 得到

$$-k_v eb^2 - 2k_v b + 2c = 0 \quad (8) \quad (1 - eb)^2 = 0 \quad (9)$$

由式(8)得到平方根值, 确定  $L$  的最优值为

$$L_o = \frac{\Delta\theta_p^2 v_o^2}{J_{\max} \cos g} \pm \sqrt{\frac{2v_{cb} \Delta\theta_p^2 v_o^2}{k_v J_{\max} \cos g^2} \left[ \frac{k_v \Delta\theta_p^2 v_o^2}{2\Delta\theta_p v_{cb} J_{\max}} - 1 \right]} \quad (10)$$

带入参数的典型值, 可以看出在括号内的 1 可以忽略。则式(10)可以表示为以下简单形式:

$$L_{o1} = 0 \quad (11 - a) \quad L_{o2} = 2\Delta\theta_p^2 v_o^2 / J_{\max} \cos g \quad (11 - b)$$

从问题的物理意义可以得出, (11 - a) 式没有物理含义, 式(11 - b) 即是双机闪烁干扰在方差期望比准则下的最优距离解析式。

### 3 结论

1) 在考虑了导弹最终误差的方差后, 双机干扰最优距离扩大一倍。对比考虑式(1)和式(11 - b), 很明显, 在考虑导弹的最终误差的方差后, 双机闪烁干扰的最优距离扩大了一倍。

2) 如果按照导弹最终误差最大的准则计算双机最优距离, 实际中在某些情况下, 由于施行干扰使导弹误差的方差增大可能导致飞机被杀伤的概率增大。

3) 实际空战中飞机的最优闪烁干扰距离的设定要根据战役、战术的要求, 结合理论分析, 综合考虑敌我双方的雷达性能, 灵活加以运用。

#### 参考文献:

- [1] Вакин С А, Шустов Л Н. Основы радиоэлектронной борьбы [M]. Москва: ВВИА им Проф НЕ Жуковского, 1998.
- [2] Вакин С А, Шустов Л Н. Основы радиопротиводействия и радиотехнической разведки [M]. Москва: Сов. Радио, 1997.
- [3] 盖·莫利斯, 琳达·哈克里斯. 机载脉冲多普勒雷达 [R]. 南京: 信息产业部第十四研究所.
- [4] 张锡祥. 现代雷达对抗技术 [M]. 北京: 国防工业出版社, 1998.

(编辑: 姚树峰)

## A New Method of Calculating Optimal Distance in Twinkle Disturbance

YE Guang - qiang, LIU Qin - she, WANG Xing, LI Bin

(The Engineering Institute, Air Force Engineering University, Xi'an, Shaanxi 710038, China)

**Abstract:** Among the methods of jamming the direction - finding system of the guide head of a missile, twinkle jamming is generally considered a kind of rather available method. To a great extent, the effect of twinkle jamming lies in the distance between the emission sources and the twinkle frequency. This paper presents a new rule to evaluate the jamming effectiveness - least variance - to - expectation ratio rule. And based on this rule optimization algorithm of twinkle jamming by two planes is elucidated.

**Key words:** twinkle jamming; evaluation rule; optimal distance