

文章编号: 1672-8785(2013)05-0039-03

烟幕干扰下红外成像制导导弹 的作战效能分析

白玉栋 吴 涛

(中国人民解放军91404部队, 河北 秦皇岛 066000)

摘 要: 介绍了红外成像制导系统的组成及工作原理, 分析了烟幕干扰下红外成像制导导弹的机理, 给出了一种综合评估红外成像制导导弹在烟幕干扰下作战效能的方法。该方法以数字仿真为基础, 结合靶场试验, 运用模糊层次分析法得到导弹在烟幕干扰下的毁伤概率。该方法对红外成像制导导弹武器系统效能评估具有重要参考意义。

关键词: 烟幕干扰; 红外成像制导导弹; 作战效能

中图分类号: TN249 **文献标识码:** A **DOI:** 10.3969/j.issn.1672-8785.2013.05.07

Analysis of Combat Efficiency of Infrared Imaging Guided Missile in Smoke Jamming

BAI Yu-dong, WU Tao

(Unit 91404 of the Chinese People's Liberation Army, Qinhuangdao 066000, China)

Abstract: The components and operation principle of an infrared imaging guided system are presented. The mechanism of an infrared imaging guided missile in smoke jamming is analyzed. A method for comprehensively evaluating the combat efficiency of infrared imaging guided missiles in smoke jamming is given. The method is based on digital simulation. It can obtain the kill probability of a missile in smoke jamming by combining the field test with the fuzzy analytic hierarchy process. It is of significance to the evaluation of the combat efficiency of infrared imaging guided missile systems.

Key words: smoke interference; infrared imaging guided missile; combat efficiency

0 引言

随着光电对抗技术的不断进步, 红外成像技术也得到突飞猛进的发展, 逐渐被应用于精确制导武器上, 形成了红外成像制导武器系统。红外成像制导是利用目标与背景之间的红外辐射差异形成目标与背景的红外图像, 并依据此图像实现武器攻击的一种制导方式。它具有抗干扰能力强、分辨率高、命中精度高、能识别敌我目标、昼夜工作等优点^[1,2], 已成为现代精确制导

武器的发展方向。红外成像制导也存在缺点, 主要表现为它对获取目标的红外图像有着较高的要求。当目标处于复杂的背景中并受到一定干扰时, 其成像效果会受到影响, 容易丢失目标。

目前, 红外制导对抗系统采用的对抗方法主要有三种: 无源干扰、有源压制干扰和有源欺骗干扰。无源干扰相对简单实用, 已成为当前主要的对抗手段。本文以烟幕干扰对抗红外成像制导导弹为重点, 研究了红外成像制导导弹在

收稿日期: 2013-03-18

作者简介: 白玉栋 (1984-), 男, 河北石家庄人, 硕士, 主要从事光电对抗方面的研究。

E-mail: baiyudong2003@126.com

复杂的电磁环境下的作战效能。

1 红外成像制导系统的组成及工作原理

红外成像制导系统由红外摄像头、图像信号处理、跟踪处理器、伺服系统和摄像头跟踪系统等部分组成,如图 1 所示。

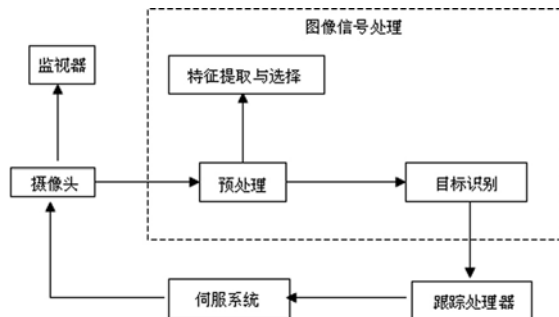


图 1 红外成像制导系统的组成框图

成像前需要先搜索、捕获要攻击的目标,确定目标的位置,然后引导导弹上的寻的器跟踪并锁定此目标。导弹发射后,红外成像制导导弹上的摄像头摄取目标的红外图像并进行预处理,完成模拟图像与数字化目标图像之间的转换。经数字化图像处理和图像识别,抑制背景信号和噪声信号的干扰,识别出要攻击的目标。跟踪处理器按预定的跟踪方式跟踪目标,并把误差信号送到伺服系统,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,使导弹飞向瞄准的目标。

2 烟幕干扰红外成像制导导弹的机理

烟幕干扰是指将烟幕布放在红外成像导弹与攻击目标之间,导致目标和背景的辐射特性对比不明显,使得红外成像导引头无法跟踪和识别真实的目标。一般烟幕对红外成像制导导弹进行干扰主要有以下两种作用^[3,4]:

一是削弱作用。烟幕中的微粒对目标和背景的红外辐射产生吸收、散射和反射作用,使得进入探测器的红外辐射能低于探测器的最小分辨率,从而使目标不易被制导武器探测发现。

二是干扰作用。烟幕本身会发射强烈的红外辐射,可将目标及背景的红外辐射覆盖,干扰探测设备的正常显示,致使受保护的目标无法被跟踪和识别。

3 烟幕干扰下红外成像制导导弹的作战效能

在烟幕干扰下,红外成像制导导弹的作战效能主要可采用数字仿真试验和靶场实弹试验相结合的方法得到,即先利用研究的作战效能模型进行数字仿真得出导弹作战效能结果,然后由实弹靶场烟幕干扰红外成像制导导弹试验修正数字仿真结果。虽然实弹靶场试验是在接近实战环境下得出作战效能结果的,但由于受实际试验条件以及试验成本等因素的限制,试验结果无法全面准确地评估红外成像制导导弹的作战效能。所以还需采用数字仿真试验进行辅助,计算烟幕干扰环境下导弹对目标的毁伤效能。

3.1 仿真模型建立

红外成像制导武器仿真模型可分为基于烟幕干扰机理建立的对抗模型、战场环境模型、烟幕弹外弹道模型、制导导弹外弹道模型、烟幕施放模型和烟幕透过率模型等^[5]。

3.1.1 基于烟幕干扰机理的对抗模型

在受保护目标和红外探测器之间布放红外烟幕后,烟幕微粒会通过吸收目标红外辐射的吸收、散射和反射达到削弱目标的作用。另外,烟幕本身发射的红外辐射也能起到遮盖的作用。

根据红外探测原理,信噪比(SNR)是导引系统中的关键参数。在红外烟幕形成干扰后,如果信噪比小于某阈值,导引头就无法探测到目标,干扰就达到了应有的效果。

对于凝视制导系统

$$SNR(t) = \frac{\varepsilon \Delta T \tau_{air}(t) \tau_{fog}(t)}{NETD} \eta_e$$

$$\tau_{fog} = e^{-K_s c l} \quad (1)$$

式中, ε 为发射率, ΔT 为目标背景温差, $\tau_{air}(t)$ 为大气透过率, τ_{fog} 为烟幕透过率, η_e 为凝视系统的凝视效率, $NETD$ 为成像系统的最小噪

声等效温差, c 为烟幕浓度, l 为红外信号通过烟幕的光程^[6]。

3.1.2 作战效能模型

当导弹的信噪比在大气透过率影响下发生变化时, 其杀伤半径的覆盖率会相应地发生变化。如图2中所示, 假设导弹的杀伤半径为 R , O_1 、 O_2 分别为目标点和导弹炸点, 阴影部分面积为 S , 则导弹的杀伤概率 P 可由下式得到:

$$P = S/\pi R^2 \quad (2)$$

假定毁伤概率的阈值 δ , 可以得出红外成像制导导弹在烟幕干扰下的评定准则。具体干扰效果如下: (1) 若 $P \geq \delta$, 则导弹命中目标, 烟幕干扰无效; (2) 若 $0 < P < \delta$, 则导弹对目标造成毁伤, 烟幕干扰达到一定效果, 为一级干扰; (3) 若 $P=0$, 导弹偏离, 烟幕干扰成功, 为二级干扰。

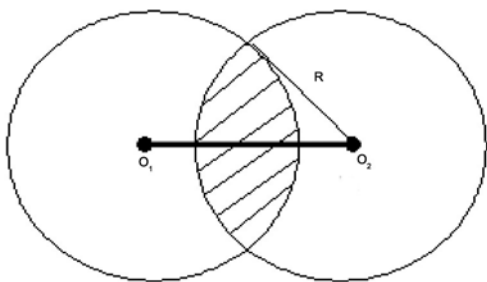


图2 导弹杀伤的概率

3.2 作战效能的计算

3.2.1 数字仿真计算毁伤概率

根据相对距离和破坏效果, 导弹对目标的毁伤可分为两种情况: (1) 命中目标, 则总毁伤概率 $P_H=1$; (2) 不直接命中目标, 则需要分析导弹爆炸以及弹片对目标的毁伤情况, 分别计算两种杀伤方式的毁伤概率。一枚导弹对目标的毁伤概率用数学式表示为

$$P_H(i) = 1 - (1 - P_1(i))(1 - P_2(i))(1 - P_3(i)) \quad (3)$$

总的毁伤概率为

$$P_H = \frac{\sum_{i=1}^n P_H(i)}{n} \quad (4)$$

式中, n 为样本数, $P_1(i)$ 为直接命中的毁伤概率, $P_2(i)$ 为导弹爆炸对目标的毁伤概率, $P_3(i)$ 为弹片对目标的毁伤概率。

3.2.2 综合毁伤概率

综合毁伤概率是由数字仿真试验毁伤概率和实弹靶场试验毁伤概率相结合得出的。由于实弹靶场试验的结果主要用于修正数字仿真, 两者所计算的毁伤概率之间会相互影响, 所以计算综合毁伤概率必须考虑相互影响的系数。这里采用模糊层次分析法计算红外成像制导导弹对目标的综合毁伤概率。

建立的层次结构模型如图3所示。

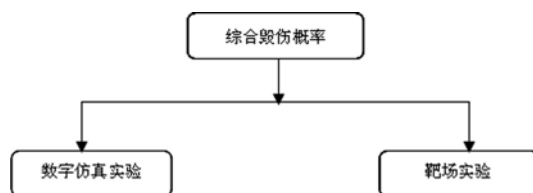


图3 综合毁伤概率分配层次的结构模型

根据标度法构建模糊一致矩阵 A , 见表1。

表1 模糊一致矩阵 A

A	B_1	B_2	W
B_1	0.5	0.44	0.44
B_2	0.56	0.5	0.56

红外成像制导导弹在烟幕干扰下的综合毁伤概率为

$$P_W = 0.44P_E + 0.56P_F \quad (5)$$

式中, P_E 为数字仿真的毁伤概率, P_F 为靶场试验的毁伤概率。同理, 可计算在无烟幕干扰下导弹的综合毁伤概率 P_O 。烟幕干扰下导弹对目标毁伤的降低系数为

$$K = \frac{P_D}{P_O} \quad (6)$$

4 结论

通过分析红外成像制导导弹的工作原理, 给出了红外成像制导导弹在烟幕干扰下作战效能的模型。利用数字仿真结合靶场试验, 运用模

(下转第45页)