

文章编号: 1672-8785(2014)01-0033-05

面源红外干扰的效果评定准则研究

刘静梅 官伏安

(解放军 91404 部队 93 分队, 河北 秦皇岛 066001)

摘 要: 面源红外干扰是用于对抗红外成像制导导弹的新手段之一。分析了红外成像制导导弹的工作过程及其目标识别机理。在对红外成像导引头实施干扰的目标识别阶段和目标跟踪阶段, 对面源红外干扰的使用以及干扰效果的评价准则分别进行了研究, 并评价了其有效对抗红外成像制导的能力。该评价准则以导引头的跟踪状态、跟踪误差或脱靶量为依据, 通过统计干扰成功率实现对面源红外干扰效果的定量评价。这种评定方法简单合理, 评定结果客观有效。

关键词: 面源; 红外干扰; 效果; 评价准则

中图分类号: TN219 **文献标识码:** A **DOI:** 10.3969/j.issn.1672-8785.2014.01.007

Research on Effectiveness Evaluation Norms of Surface-type Infrared Jamming

LIU Jing-mei, GONG Fu-an

(Unit 91404 of PLA, Qinhuangdao 066001, China)

Abstract: Surface-type infrared jamming is one of the new countermoves to infrared imaging guiding missiles. The operation process and target identification of an infrared imaging guiding missile are analyzed. The use of surface-type infrared jamming and the evaluation norm of its jamming effectiveness are studied respectively in both target identification phase and target tracking phase when the infrared imaging homing head is jammed. The ability of the surface-type infrared jamming to countermeasure infrared imaging guidance is evaluated. By taking the tracking state, tracking error and miss-distance as the basis, the evaluation norm implements the quantitative evaluation of the jamming effectiveness of the surface-type infrared jamming after the success rate of jamming is counted. This evaluation method is simple and reasonable. Its evaluation result is objective and effective.

Key words: surface-type; infrared jamming; effectiveness; evaluation norm

0 引言

面源红外干扰设备是用于对抗红外成像制导导弹的新手段之一, 已经陆续被各国列为军用光电对抗系统的装备和使用对象^[1]。通过布放假目标实施欺骗干扰是无源 / 光电干扰中的一种常用方法。面源红外干扰就是发射和控制

干扰弹, 通过布放可模拟舰船目标红外辐射特征的红外烟云假目标实施欺骗干扰; 然后将红外成像制导导弹诱离目标舰船, 并将其引向红外假目标, 从而达到对抗红外成像反舰导弹的目的。本文通过分析红外成像制导导弹的工作过程及其目标识别机理, 在对红外成像导引头实施干扰的导引头目标识别阶段和目标跟踪阶

收稿日期: 2013-12-13

作者简介: 刘静梅(1976-), 女, 工硕, 工程师, 主要从事光电对抗试验研究。

段, 对面源红外干扰的使用及干扰效果的评定准则进行初步研究, 以评价其有效对抗红外成像制导的能力。

1 对红外成像导引头的干扰机理

从红外成像制导导弹的工作过程及其目标识别机理中可以看出, 对红外成像导引头实施干扰主要有两个环节: 一是红外导引头的目标识别阶段; 二是红外导引头的目标跟踪阶段。

由于红外导引头中热成像系统的分辨率有限, 当目标较远时, 目标呈点源状出现在红外成像导引头的视场中。在导弹逐渐接近目标的过程中, 导引头的成像系统采用自适应波门跟踪目标。此时, 波门紧紧套住目标, 导引头的图像处理系统只处理波门内的图像信息, 并通过对图像信息进行分析和处理完成目标识别。

在目标识别阶段对红外导引头实施干扰, 其本质就是设法使导引系统不能从背景中提取出目标信息, 或者使其从背景中提取出一个假目标的信息; 最终使其无法捕获目标, 或者使其捕获到假目标。

在目标跟踪阶段对红外导引头实施干扰, 其本质就是设法使跟踪窗内的目标大小以及目

标与背景的红外辐射对比度发生较大的变化, 或者使跟踪窗口内的红外辐射分布瞬息万变, 最终使红外导引头丢失目标。

2 目标识别阶段的干扰方法及效果评定

2.1 干扰方法

在红外成像导引头的目标识别阶段, 导弹与目标之间的距离相对较远。此时, 目标图像只有一个或几个像素点, 图像的信噪比较低, 导引头的信息处理系统很难找出目标的形状特征。因此, 信息处理中可以利用的目标信息资源较少, 这时导引头最易受到干扰。

此时若采用迷惑干扰法, 避开导弹的来袭方向, 并在远离目标舰船几公里的范围内布放多个红外假目标, 使红外成像制导导弹在搜索阶段无法识别真假目标和确定攻击对象, 即诱使导弹无法捕获目标, 或使其捕获到假目标, 从而达到保护目标舰船的目的。图 1 为迷惑干扰法的示意图。

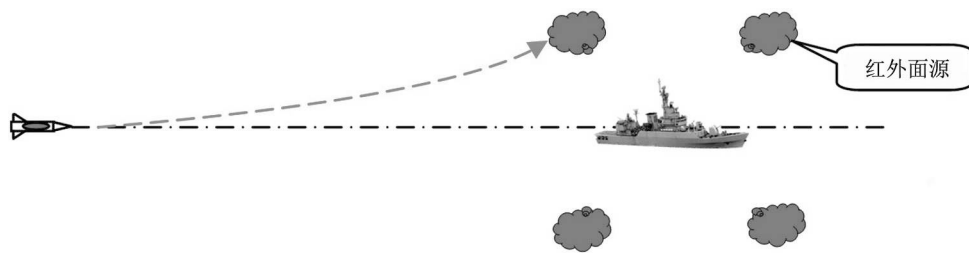


图 1 迷惑干扰法的示意图

2.2 干扰效果的评定准则

实施面源红外干扰之后, 可根据红外成像导引头捕获跟踪后的状态对干扰效果进行评定。如果红外成像导引头无法捕获目标或者是对面源红外假目标进行跟踪, 而且目标舰船没有收到导弹威胁告警, 则认为干扰有效; 如果红外成像导引头捕获目标舰船并对其进行跟踪, 而且目标舰船收到导弹威胁告警并被稳定跟踪, 则认为干扰无效。

为考核干扰成功率, 需要进行多次干扰效果试验, 然后统计在一定使用条件下的干扰成功率。此时, 面源红外干扰效果的评估准则可用干扰成功率 η 来表示^[2]:

$$\eta = \frac{n}{m} \times 100\% \quad (1)$$

式中, η 为干扰成功率; n 为有效干扰次数; m 为试验次数。

3 目标跟踪阶段的干扰方法及效果评定

3.1 目标跟踪阶段的面源红外干扰

3.1.1 干扰方法

当红外成像制导导弹探测到目标舰船时, 向舰船方向布放面源红外假目标, 使所形成的面源红外假目标与舰船连成一体。当红外成像导引头从背景中提取目标时, 便会将目标舰船与面源红外假目标共同作为跟踪目标。随后采用逐步远离舰船、多次布放面源红外假目标的方法, 诱使红外成像导引头的跟踪波门逐渐远

离目标舰船; 同时, 舰船按战术使用规则进行机动, 以达到诱偏导弹、保护舰船的目的。图 2 为面源红外诱骗干扰的示意图。在实际使用中, 也可以在舰船周围的导引头跟踪视场内大面积布放面源诱饵, 增强舰船周围背景的红外辐射, 使舰船融于红外烟云背景之中。此时, 红外成像导引头所获取的红外热像图在外型轮廓、面积、能量分布和频谱等方面与舰船本身的真实热像图相差很大, 无法通过正常识别获取跟踪信息, 从而导致目标跟踪不稳定或者丢失目标。

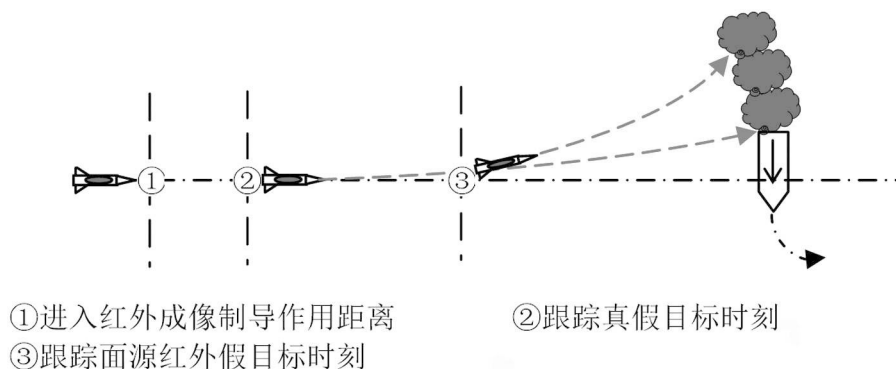


图 2 面源红外诱骗干扰的示意图

3.1.2 干扰效果的评定准则

干扰实施后, 根据红外成像导引头的捕获跟踪状态对单次干扰效果进行评定; 进行多次干扰效果试验后, 通过统计所有试验次数和有效干扰次数计算干扰成功率, 并依据干扰成功率进行干扰效果评定。

(1) 如果红外成像导引头无法捕获目标或者对红外面源假目标进行跟踪, 而且目标舰船没有收到导弹威胁告警, 则认为干扰有效; 如果红外成像导引头继续捕获目标舰船并对其进行跟踪, 而且目标舰船收到导弹威胁告警并被稳定跟踪, 则认为干扰无效。

(2) 如果由于面源红外干扰的使用, 红外成像导引头跟踪窗内目标的红外辐射分布变化较大, 红外成像导引头对目标舰船的跟踪不稳定, 那么可依据实施干扰前后红外成像导引头跟踪误差信号的变化情况来判定单次干扰是否有效。跟踪误差的评定准则如下:

如果在规定的面源有效干扰持续时间内, 红外成像导引头输出的跟踪误差 $\theta > 3\sigma_0$ (σ_0 为红外成像导引头在无干扰时的跟踪精度, 即跟踪误差的标准差) 或者无法输出跟踪误差信号, 且持续时间 $t \geq t_0$ (t_0 为红外成像导引头的记忆跟踪时间的阈值), 则认为干扰有效; 否则认为干扰无效。

(3) 如果红外成像导引头捕获到目标舰船和面源红外假目标的中心并对其进行跟踪, 那么就需要依据红外成像导引头的跟踪方位、俯仰信息以及由 GPS 测定的弹目方位及俯仰信息计算脱靶量来评定干扰是否有效。脱靶量的评定准则如下:

(a) 如果已知红外成像制导武器的制导精度, 满足式 (2) 则认为干扰有效, 否则就认为干扰无效。

$$\delta_r > 3S_0 \quad (2)$$

式中, δ_r 为红外成像制导武器在有干扰时的脱靶量; S_0 为红外成像制导武器在无干扰时的制导精度, 即制导误差的标准差。

(b) 如果已知红外成像制导武器的杀伤半径, 满足式 (3) 则认为干扰有效, 否则就认为干扰无效^[3]。

$$\delta_r > R_d \quad (3)$$

式中, R_d 为红外成像制导武器的杀伤半径。

3.2 目标跟踪阶段中烟幕遮蔽协同的面源红外干扰

3.2.1 干扰方法

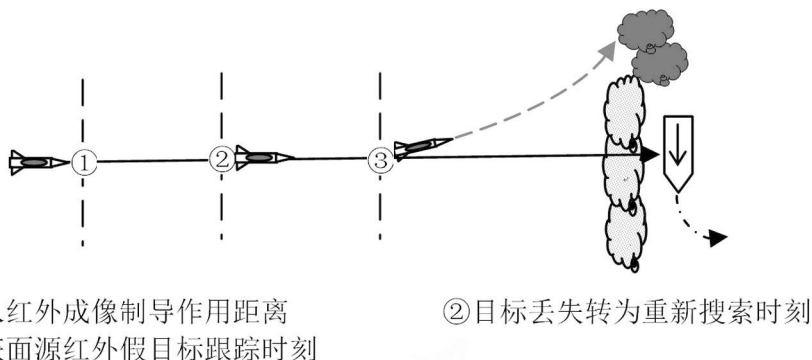


图 3 烟幕遮蔽协同的面源红外干扰的示意图

3.2.2 干扰效果的评定准则

干扰实施后, 根据红外成像导引头的捕获跟踪状态对单次干扰效果进行评定; 统计多次试验的干扰成功率, 并依据干扰成功率对干扰效果进行评定。

(1) 如果烟幕的消光作用使红外成像导引头无法从背景中提取出目标舰船图像, 无法正常识别和跟踪目标舰船, 重新搜索后又捕获并跟踪面源红外假目标, 而且目标舰船没有收到导弹威胁告警, 则认为面源红外假目标诱骗成功, 干扰有效。

(2) 如果烟幕对舰船红外辐射的衰减较小, 舰船目标与背景之间的红外辐射差异能满足红外成像导引头的探测灵敏度要求, 那么红外成像导引头仍能从背景中提取出舰船目标景象, 但由于面源红外假目标与舰船连成一体, 其跟踪的是舰船和面源红外假目标的能量中心。此

当红外成像制导反舰导弹来袭并跟踪目标舰船时, 首先在来袭导弹与舰船之间发射烟幕弹、布放烟幕, 形成遮蔽舰船的烟幕屏障, 以破坏红外成像导引头的目标景象, 使其丢失舰船目标, 并由跟踪转为重新搜索。随后在舰船的侧后方向上布放可模拟舰船红外辐射特征的面源红外假目标, 诱使红外成像导引头在重新搜索时捕获到面源红外假目标, 从而引偏红外成像制导导弹, 保护舰船目标^[4]。同时为了使舰船保持处于烟幕遮蔽的态势之中, 按常速回转机动^[5]。图 3 为烟幕遮蔽协同的面源红外干扰的示意图。

时, 需要依据红外成像导引头的跟踪方位、俯仰信息以及由 GPS 测定的弹目方位和俯仰信息计算脱靶量, 然后依据脱靶量评定准则来评定干扰是否有效。

(3) 如果烟幕对舰船红外辐射的衰减较小, 但因干扰的作用使红外成像导引头对目标舰船的跟踪不稳定, 那么就可依据干扰实施前后红外成像导引头的跟踪误差信号的变化情况, 即跟踪误差评定准则来判定单次干扰是否有效。

(4) 如果烟幕对舰船红外辐射的衰减很小, 舰船目标与背景之间的红外辐射相差较大, 那么红外成像导引头就能正常识别真假目标, 并对舰船目标进行稳定跟踪。当红外成像导引头能够正常跟踪目标舰船时, 认为干扰无效。

4 结束语

本文对面源红外干扰在红外成像制导的目

标识阶段和目标跟踪阶段的不同对抗方法进行了研究,就干扰方法的实施方面对干扰效果以及效果评定准则进行了分析和探讨,并提出了以跟踪状态、跟踪误差或脱靶量为依据,利用干扰成功率进行评估的干扰效果评定准则。该评定准则可以应用于面源红外干扰效果试验,而且在试验时只需监测干扰前后以及干扰过程中导引头的跟踪状态和输出导引信号。通过掌握跟踪误差角或跟踪脱靶距离的变化情况,即可实现对干扰效果的定量评价。这种评定方法简单合理,评定结果客观有效。在后续研究中,我们还将根据应用经验和数据积累,针对不同程度的干扰效果细化评定准则,从而进一步给

出干扰等级划分依据及分级评定原则。

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*,2004,19(5):41-45.
- [2] 方建,李言俊,张科.基于HLA的无源干扰效果评估建模仿真的研究[J].*计算机仿真*,2008,25(8):32-35.
- [3] 高卫.激光致盲干扰效果评估方法研究[J].*光学技术*,2006,32(3):468-471.
- [4] 刘静梅,宫伏安.烟幕协同的面源红外干扰使用及效果评估研究[J].*舰船电子工程*,2011,17(6):176-179.
- [5] 高东华,俞跃,李伟. *舰艇电子对抗战术* [M].北京:解放军出版社,2004.

(上接第13页)

参考文献

- [1] 于小兵.微型杜瓦瓶及致冷器在红外系统中的应用[J].*应用光学*,2000(1):38-41.
- [2] Henini M, Razeghi M. *Handbook of Infrared Detection Technologies* [M]. Elsevier, 2002.
- [3] 王思雯,李岩等. CO₂ 激光对长波红外 HgCdTe 探测器干扰的分析[J].*红外与毫米波学报*,2010,29(2):102-104.
- [4] 蒋志平,梁天骄,陆启生,等.激光辐照PC型HgCdTe探测器热效应的计算[J].*应用激光*,1995,15(4):155-156.

- [5] 戚树明,陈传松,周新玲,等.准分子激光辐照HgCdTe半导体材料的损伤机理研究[J].*量子光学学报*,2009,15(1):76-83.
- [6] 曾戈虹. HgCdTe 红外探测器性能分析[J].*红外技术*,2012,34(1):1-4.
- [7] Hansen G L, Schmit J L. 1983 Calculation of Intrinsic Carrier Concentration in Hg_{1-x}Cd_xTe [J].*Applied Physics*,54(16):39-40.
- [8] Rogalski A. HgCdTe Infrared Detector Material:History, Status and Outlook [J].*Report Progress Physics*,2005,68(10):2267-2336.

(上接第23页)

参考文献

- [6] Eyre J R. A Bias Correction Scheme for Simulated TOVS Brightness Temperatures. [M] European Centre for Medium-Range Weather Forecasts, 1992, 186:81-109.
- [7] Harris B A, Kelly G. A Satellite Radiance Bias Correction Scheme for Data Assimilation[J].*Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 2001, 127(574):1453-1468.
- [8] Dee D P. Variational Bias Correction of Radiance Data in the ECMWF System [C].*Proceedings of the*

ECMWF Workshop on Assimilation of High Spectral Resolution Sounders in NWP, 2004,28:97-112.

- [9] Auligne T, McNally A P, Dee D P. Adaptive Bias Correction for Satellite Data in a Numerical Weather Prediction System[J].*Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 2007, 133(624):631-642.
- [10] Cui L M, Sun J H, Qi L L. Two Bias Correction Schemes for ATVOS Radiance Data[J].*Journal of Tropical Meteorology*, 2010, 16:71-76.
- [11] Hocking J, Rayer P, Saunders R, et al. RTTOV v10 Users Guide[R]. NWP SAF MO-UD-023, EUMETSAT, 2010.