

文章编号: 1672-8785(2011)10-0017-04

国内外红外面源诱饵弹的发展和 试验方法研究

王继光 王敏帅 臧寿洪

(91404 部队 93 分队, 河北 秦皇岛 066001)

摘 要: 红外面源诱饵弹是一种新型诱饵弹, 可有效对抗红外成像制导导弹。它能模拟被保护目标的红外特征, 从而达到干扰导弹的目的。从国内外红外面源诱饵弹的发展及其工作机理出发, 分析了我国舰船电子对抗 (ECM) 中红外面源诱饵弹的试验方法, 为红外面源诱饵弹的试验鉴定提供了参考依据。

关键词: 红外面源诱饵弹; 红外成像制导; 试验方法

中图分类号: TN211 **文献标识码:** A **DOI:** 10.3969/j.issn.1672-8785.2011.10.003

Development of Surface-type Infrared Decoys at Home and abroad and Study of Testing Methods

WANG Ji-guang, WANG Min-shuai, ZANG Shou-hong

(The 93 Department of 91404 Unit, Qinhuangdao 066001, China)

Abstract: Surface-type infrared decoy is a new decoy which can jam infrared imaging guided missiles effectively. It can jam the approaching missiles by simulating the infrared signatures of the object to be protected. The development of the surface-type infrared decoys at home and abroad and their operation mechanisms are presented. The methods for testing the surface-type decoys in ship Electronic Countermeasure (ECM) are analyzed. This work is helpful to the evaluation of surface-type infrared decoys.

Key words: surface-type infrared decoy; infrared imaging guidance; testing methods

0 引言

红外诱饵弹作为一种用于对抗红外制导导弹的有效方法, 已经在世界各国得到了广泛的应用和发展。早期的点源诱饵弹主要是用来对抗红外点制导导弹的。其主要原理是, 诱饵弹释放后与目标同时处于导引头的视场中, 使点制导导弹的导引头跟踪诱饵和目标的能量中心, 这样便可以达到诱偏点制导导弹的效果。随着

具有目标外形识别能力的成像导引头的出现, 点源诱饵弹对成像导引头制导导弹的诱偏效果变得极为有限。在这种情况下, 世界各个军事强国开始研制具有诱偏能力的新的红外面源干扰弹。

目前, 国外列装或正在研制的主要有以下几种面源诱饵弹: (1) 德国巴克·韦尔克公司 (Buck Werk) 生产的“巨人” (DM19) 红外诱惑弹 (美国称之为 Mk245 Mod) 与北约“海蚊” (Sea

收稿日期: 2011-08-28

作者简介: 王继光 (1979-), 男, 河南卫辉人, 工程师, 在读硕士研究生, 主要从事光电对抗方面的研究。

E-mail: shahui0126@sina.com

Gnat) 系统兼容; (2) 瑞典赛尔休斯技术公司研制的 BOL 红外诱饵弹 投放系统; (3) 美国 MJU 系列红外诱饵弹; (4) 美国于 2003 年启动的微型诱饵弹研究项目; (5) 英国 Mk251 式主动诱饵弹 (ADR); (6) 瑞典直升机所装备的高效双频红外诱饵自保护系统; (7) 美国雷神公司生产的 ADM160B 型空射诱饵弹 (MALD)。

目前, 我国也在加紧面源红外诱饵弹方面的研制工作, 其技术指标有望达到或超过国外先进水平。但是国内还没有形成一套完整的红外面源诱饵弹试验鉴定方法。因此, 对红外面源诱饵弹试验方法展开研究是十分必要和紧迫的。

1 红外面源诱饵弹的工作原理

红外面源诱饵弹在爆破后可模拟被保护目标的红外特征, 使红外成像制导导弹被其欺骗, 继而偏离被保护目标。其模拟的被保护目标的红外特征包括目标的光谱辐射分布特征、辐射能量和辐射面积等。考虑到大气的衰减特性, 面源型红外诱饵的辐射作用波段覆盖 $1 \sim 3 \mu\text{m}$ 、 $3 \sim 5 \mu\text{m}$ 和 $8 \sim 14 \mu\text{m}$ 三个主要的红外辐射大气窗口。

红外面源诱饵弹通过多发连续发射与依次延迟爆破技术, 可以形成持续的红外辐射能量或通过布设热烟达到一定的辐射面积和形状 (其原理如图 1 所示)。

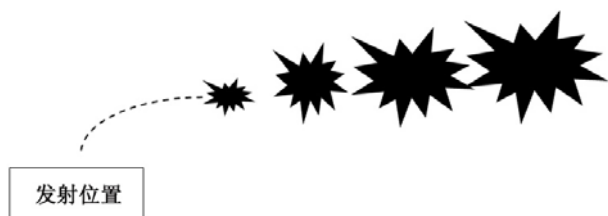


图 1 多发连续爆破的示意图

红外辐射持续产生方式通常有直爆、伞降等。连续发射的辐射单元在一定时间内持续辐射的红外能量构成了与被保护目标相近的红外特征。下面举例介绍 3 种具有不同原理的红外面源诱饵弹。德国“巨人”、美国 MJU 系列红外诱饵弹和英国皇家海军的主动诱饵弹是各种红外诱饵弹的鲜明代表。

德国“巨人”红外诱饵弹的工作原理是, 按特定的时间间隔 (最大达 20 s), 将由发射炮推进的 5 枚红外弹发射到离保护目标一定远的距离上, 使寻的器的视场离开目标舰。每枚诱饵弹包含热烟混合物 ($8 \sim 14 \mu\text{m}$)、灼热微粒 ($3 \sim 5 \mu\text{m}$) 和气态辐射 ($4.1 \sim 4.5 \mu\text{m}$) 等 3 部分有效载荷。这些有效载荷可模拟舰体、烟囱和羽烟的辐射特征。



图 2 直爆式单元

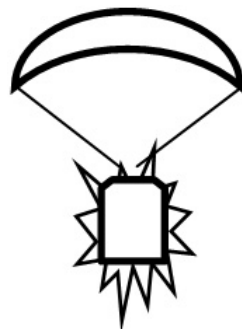


图 3 伞降式红外辐射单元

MJU48B 型红外诱饵弹是利用新材料产生红外辐射的。除了使用传统的燃烧型 MAGTEF 材料之外, 它还使用了合金表面公司发明的自燃材料。这种自燃材料可通过氧化 (不是燃烧) 产生红外辐射。

英国 Mk251 式主动诱饵弹由使诱饵弹飞离舰船的火箭发动机、两级降落伞系统以及用于探测和对抗导弹威胁的先进电子部件有效载荷 3 个主要部件组成。当舰船侦察设备识别出来袭导弹时, 系统将会自动选择适当的发射筒进行发射, 并设定降落伞自动展开的时间, 使主动诱饵弹在最佳位置展开和悬挂在空中, 以诱偏来袭导弹。同时, 主动诱饵弹还可以发射电磁信号, 诱偏雷达末制导导弹, 并诱使来袭导弹飞向诱饵弹而远离舰船。

2 红外面源诱饵弹试验方法

通过分析红外面源诱饵弹的工作原理及干扰特性可知, 试验中需要对其光谱特性、辐射强度、辐射面积和作用时间等静态技术指标进行测量, 也需要对实际使用中的组合形状和红外成像导引头的诱偏效果等动态干扰效果进行测量。

2.1 技术指标测量

2.1.1 光谱特性

红外诱饵弹必须能够模拟目标的光谱辐射分布特征。用红外光谱仪测量辐射光谱, 并将其与被保护舰船的红外光谱进行比对。该工作主要在大气的几个投射窗口进行, 并采用均方根进行偏差估计。偏差越小, 光谱特性越好。偏差估计为

$$\sigma = \sqrt{\frac{n \sum (x - y)^2 - [\sum (x - y)]^2}{n(n - 1)}} \quad (1)$$

式中, x 和 y 分别为红外诱饵弹和舰船在同一取样光谱频率点上的归一化强度。

2.1.2 辐射强度

一般说来, 诱饵弹必须在来袭导弹红外成像制导的全波段内具有超出目标两倍的辐射强度。测量时, 在相同距离上, 用红外辐射计测量两者的辐射强度。该工作可结合海上干扰效果试验来进行。

2.1.3 起燃时间

诱饵弹在离开导引头视场之前, 必须在零点几秒之内达到其有效的红外辐射强度。用红

外热像仪对包括发射点和起爆点在内的大视场进行过程采集。红外热像仪的帧频一般为 30 帧/s。通过计算发射帧和起爆帧的序号差, 即可计算出起爆时间。

2.1.4 作用时间

诱饵弹燃烧的持续时间必须大于导弹的制导时间, 以确保目标不被重新捕获。采用与起爆时间相同的测量方法, 即用热像仪过程采集方式计算从起爆到辐射衰减至一定强度时所花的时间 (即作用时间)。

2.1.5 弹出速度

诱饵弹在可被来袭导弹容易看到的方向上弹出, 并在此方向上产生符合跟踪器能力及目标可信度的最大角分辨率。采用与起爆时间相同的测量方法。热像仪的每个像素对应于一定角度。计算两帧的像素位置差, 并将其除以两帧的间隔时间, 即为角速度; 线速度可以由其他已知方位距离的参照物计算得到。

2.1.6 气动特性

气动特性是指诱饵弹在空间逐渐分离目标的特性, 它主要取决于诱饵弹的空气动力学特性及其释放时的相对风速。采用与作用时间相同的测量方法, 主要测量了子母弹每个单元之间的相对运动特性, 如距离, 有无空隙以及整体形状演变等。

2.2 海上干扰效果试验

海上干扰效果试验可以按照以下步骤进行:

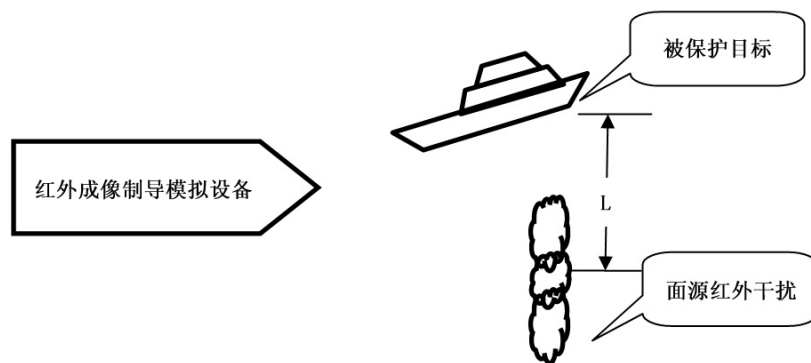


图 4 海上干扰效果试验的布站示意图

(1) 按图进行设备布站, 并由 GPS 提供各站点的位置信息。

(2) 用红外成像制导模拟设备模拟红外成像制导头。把无干扰实施、干扰实施中和干扰实施完一段时间 T 后的设备工作图像记录下来, 同时记录干扰过程中两者之间的距离 R 。

(3) 干扰诱偏距离: $L \geq L_0$ 。其中, L_0 为导弹炸点与舰船之间的安全距离 (参考静态指标测量 2.1.3)。

(4) 评定干扰成功率。用红外成像制导模拟设备模拟红外成像制导头, 并通过干扰前后的两幅数字图像的基本相关度来定量描述干扰效果。具体过程如下:

设 $f(i, j)$ 和 $g(i, j)$ 分别为干扰前后离散型数字图像 $F(i, j)$ ($1 \leq i, j \leq N$) 和 $G(i, j)$ ($1 \leq i, j \leq M$) 的像素灰度值, 其中 $G(i, j)$ 的区域较大, 即 $M > N$ 。则 $F(i, j)$ 和 $G(i, j)$ 的归一化基本相关度为

$$C(x, y) = \frac{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N f(i, j) \times g(i+x, j+y)}{\sqrt{\left[\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N f^2(i, j) \right] \times \left[\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N g^2(i+x, j+y) \right]}} \quad (2)$$

式中, $0 \leq x, y \leq M - N$, $C(x, y)$ 随两者的相对位置偏移量 (x, y) 变化而变化。

当两个图像大小相同 ($M = N$) 时, 式 (2) 可简化为

$$C = \frac{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N f(i, j) \times g(i, j)}{\sqrt{\left[\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N f^2(i, j) \right] \times \left[\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N g^2(i, j) \right]}} \quad (3)$$

此时 C 成为一个确定量, 用以评价干扰对红外成像传感器所起的效果。 C 越大, 干扰效果越好。

最后, 通过综合诱偏距离及相关度得出红外外面源诱饵弹的干扰成功率:

$$\eta = (\beta/N) \times 100\% \quad (4)$$

式中, β 为达到或优于干扰等级要求的干扰次数, N 为干扰总次数。当干扰成功率大于设计值时, 即为指标合格。

3 相关干扰弹的发展动向

目前, 和末制导导引头的发展一样, 与之相应的对抗方式也朝着复合对抗方向发展。其中比较有代表的包括英法联合研制的舰载“女巫”系统——将红外诱饵弹、电磁诱饵弹、雷达/红外复合诱饵弹以及舰外有源干扰机等有机结合起来; 英国“海盗”和超级路障系统——用火箭发射箔条/红外诱饵; 俄罗斯 TST47 和 TST60U 型红外弹、SOM50 型红外/激光混合弹、SK50 型箔条/红外/激光混合弹; 德国“热狗/银狗”(HotDog/SilverDog)——用于对抗射频寻的和红外寻的反舰导弹; 美澳共同研制的可干扰复合制导和成像制导反舰导弹的“纳尔卡”舰载诱饵系统。

4 结束语

红外外面源干扰作为一种针对红外成像制导的有效对抗手段, 是光电对抗研究的重要组成部分。本文从国内外红外外面源诱饵弹的研究进展出发, 对红外外面源诱饵弹的内外场试验方法进行了分析, 为红外外面源诱饵弹的试验鉴定提供了帮助, 也为其实使用和改进发展提供了参考。

参考文献

- [1] 姚禄久, 高钧麟. 烟幕理论与测试技术 [M]. 北京: 国防工业出版社, 2004.
- [2] 淦元柳, 王晓飞, 郭宝录. 国外面源型红外诱饵技术的装备与发展 [J]. 舰船电子工程, 2009, 29(9): 24-27.
- [3] 何立萍, 韦萍兰. 红外对抗技术和装备的发展 [J]. 红外技术, 2006, 28(1): 47-49.