

文章编号: 1672-8785(2012)03-0009-04

舰载红外警戒探测系统效果评价方法综述

张继勇 叶宗民

(91404 部队 93 分队, 河北 秦皇岛 066001)

摘 要: 舰载红外警戒系统与舰载搜索雷达协同工作可以实现对来袭掠海导弹和低空飞机的充分报警。如何评价舰载红外搜索警戒系统对反舰导弹的捕捉能力是舰艇防空作战领域中急需解决的重要课题。通过对舰载红外搜索警戒系统进行分析, 提出了一种舰载红外警戒系统效果评价方法, 为正确评价舰艇防空反导系统的效能提供了重要依据。

关键词: 红外警戒; 效果评价; 探测概率

中图分类号: TN219 **文献标识码:** A **DOI:** 10.3969/j.issn.1672-8785.2012.03.002

Evaluation Method of Effectiveness of Shipborne Infrared Alert Detection System

ZHANG Ji-yong, YE Zong-min

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

Abstract: A shipborne infrared alert detection system combined with a shipborne search radar can be used to fully warn the coming sea-skimming missiles and low-flying aircrafts. How to evaluate the ability of the shipborne infrared warning system to capture antiship missiles is an important subject to be solved in the field of air defense of ships. By analyzing the shipborne infrared warning system, a method for evaluating the effectiveness of shipborne infrared warning systems is proposed. The method provides an important basis for the effectiveness evaluation of naval air defense antimissile systems.

Key words: infrared warning; effectiveness evaluation; acquisition probability

0 引言

在现代海战中, 反舰导弹已经对水面舰艇构成了严重威胁。舰载搜索雷达是舰艇防空的主要警戒设备。雷达警戒系统具有探测距离远等许多优点, 但也存在一些不足, 比如易受电子干扰, 会被对方反雷达导弹攻击, 对小目标的分辨能力差以及反应时间长等。该系统在探测反舰导弹等低空或超低空目标时, 由于受到多路效应和海面杂波等因素的影响, 其低空探测性能将会下降。随着复合制导方式的逐步应用, 弹头

的截面积越来越小, 导弹的作用距离也不断增加, 这更加增大了雷达警戒系统的探测难度。因此, 采用单一的雷达警戒方法已不能满足现代海战的要求。

为了弥补雷达的不足和适应现代海战的需求, 舰载红外警戒系统在近年来发展迅速。它可在雷达静默或者雷达受到干扰时替代警戒雷达开展工作, 也可作为警戒雷达的辅助设备与雷达一同工作, 以克服其探测低空小目标能力不足的缺点。

收稿日期: 2012-01-14

作者简介: 张继勇 (1963-), 男, 江苏连云港人, 高级工程师, 主要研究方向为光电对抗。E-mail: ye_luren_2002@163.com

1 概述

舰载红外警戒系统(又称舰载红外搜索与跟踪系统)的研制工作始于20世纪70年代中期,并从80年代初开始逐步供军队装备使用。舰载红外警戒系统是采用热点式边扫描边跟踪体制来实现对目标的探测与跟踪的。其主要作用是在夜间或者在能见度很差的白天和烟雾情况下,用红外跟踪系统向舰艇提供目标指示数据。舰载红外警戒系统可以与对空警戒雷达、对海警戒雷达等一起组成警戒探测系统,实现对空中与水面目标进行警戒和搜索,从而拦截和摧毁低空或超低空来袭的反舰导弹。红外侦察告警系统包括红外探测单元、信号处理单元和显示报警单元。该系统主要通过信号处理单元,运用预设数据库和各种决策软件,提取和识别目标,并提供其所属种类的运动参数、方位角和俯仰角等信息。红外侦察告警系统按其空域覆盖形式可划分为扫描型和凝视型两种体制,其主要区别在于红外探测单元上。

红外探测单元一般被装在舰船桅杆上,用于接收目标的红外热辐射并将其转换为电信号。信号处理单元和显示报警单元被安装在舱室内,用于向操作员提供威胁源的位置并进行报警。红外警戒系统的主要特点包括:

(1) 采用被动工作方式,不受敌方电子干扰的影响;其保密性和隐蔽性好,红外成像便于目标识别。

(2) 具有独立工作能力,并且可在雷达静默或无法工作或者目标处于雷达盲区时替代雷达开展工作;可与武器系统对接,提供实时目标指示。

(3) 能够进行大视场、全方位及大俯仰范围的目标搜索。

(4) 灵敏度高,具有良好的“热点”探测能力;能够探测伪装下的热目标,穿透烟雾能力强,可昼夜工作。

(5) 能够从各种背景中准确地分辨出红外目标特征。

(6) 能够准确测定威胁源的方位,并判断威胁源的类型和工作方式。

(7) 反应速度快,虚警率低。

(8) 装载平台使用性好,可以在各种舰船平台上使用,以补充雷达与激光告警系统功能,从而满足不同作战环境的需求。

(9) 体积小,重量轻,操作方便。

2 红外警戒系统的工作机理

红外侦察告警系统是利用红外传感器探测目标本身的红外辐射并对其进行分析与处理,然后依据辐射特征和预设数据库来判别目标类型,从而确定其方位(甚至可计算到达时间)和报警(甚至启动对抗设施)的。红外侦察告警系统必须从背景中把目标检测出来,其提取机理包括:

(1) 依据目标的瞬间光谱特性

某些重要目标在特定时刻的辐射具有明显的特征,因而可以用来识别目标。例如,在导弹发射时,其火舌卷流的辐射谱线在红、蓝色处存在明显的“尖峰”。

(2) 依据目标辐射的时间特征

有些目标的辐射强度会随时间发生变化,而且这种变化遵循一定的规律。就导弹来说,它在刚发射时的红外辐射强度很高;在助推段时,其辐射强度相对下降;至惯性飞行段时,其辐射强度更弱。根据红外辐射强度随时间变化的这种规律可以识别导弹并判定其运动状态。

(3) 依据多光谱特征

任何物体都有相应的红外辐射光谱曲线。不同物体在某一波长附近的辐射强度可能相同或者相近,但不可能在各波段都有相同或者相近的辐射强度。如果同时获取红外区域中多个波段的辐射,并对其进行信息融合处理,那么通过充分表现特定目标的特征便可发现和识别它。

(4) 利用图像特征

目标的红外图像不仅包含了其红外辐射强度信息,而且还直观地展现了它的几何形体,其总信息量比只利用辐射强度时要大得多。因此,利用红外图像提取目标是迄今为止最为可靠的一种方法。不仅如此,通过充分利用先进的

图像处理技术, 还可以建立其航迹, 预测其坐标并对其进行跟踪。

目前, 绝大多数红外侦察告警装备都采用“被动”式工作体制, 但也有附带红外照明装置以构成“主动”式系统的。这些系统可实现全方位、全俯仰告警, 具备多目标搜索、跟踪和定位能力, 并采用了先进的热成像器件和大面阵光机扫描区域凝视技术。其目标分辨率可达微弧量级, 告警距离可达 10 ~ 20 km。

由于舰载红外侦察告警系统主要针对低空、超低空或者近距逼近来袭的各种飞机和精确制导导弹, 我们需要定量描述红外侦察告警系统对目标的探测能力和反隐身能力。红外警戒系统的搜索与侦察效果主要可通过系统的搜索范围、作用距离、反应时间以及探测概率与虚警率等四个主要指标来表征。通过分析国外红外警戒设备的相关资料可知, 红外告警系统要想完成搜索侦察任务, 就应该具有以下具体的指标特征:

(1) 采用 3 ~ 5 μm 和 8 ~ 12 μm 双波段探测器 (覆盖 2 个大气窗口), 并以电扫或多元并行处理接收代替机械扫描的全景凝视接收前端, 以保证在探测光谱区内具有发现目标的能力。

(2) 按照不同装载平台的需求, 告警探测范围方位必须为 360°, 舰载俯仰角度必须为 0° ~ 90°, 这样才能满足连续地边搜索边跟踪处理的要求, 从而实现告警空间范围的覆盖。

(3) 为了对快速攻击目标的逼近进行快速预警, 系统需要具备高速红外信号处理能力, 具有多威胁目标探测与识别模式, 并拥有识别威胁和非威胁目标的能力和快速反应能力 (反应时间为 2 ~ 5 s)。

(4) 为了提高对威胁目标的远距离探测能力, 系统需要具有高探测率和低虚警率, 以达到探测目标的准确度和识别的正确度 (能够在剧烈的舰动和强干扰环境下达到不低于 95 % 的探测概率和不低于 1 次 /100 h 的虚警率)。

(5) 能够精确提供威胁目标的逼近方向、距离及速度, 以满足拦截或干扰时间并自动快速

启动对抗装置 (方位分辨率为 2 mrad, 目标指示精度为 1 mrad, 最佳时达到微弧量级)。

(6) 能够拥有多种鉴别模式以应付由阳光辐射、海面反射干扰和移动云层造成的虚警。在多目标威胁告警方面, 系统可同时探测 20 ~ 40 个目标。

3 红外警戒效果评价

红外警戒系统的视场、作用距离、反应时间和探测概率都可以在红外警戒对抗的实施过程中通过实际测得的具体数据来评价。评价主要依据系统测量的客观情况。评价过程中的人为因素较少, 系统可以直接输出试验的测量结果。对比上文总结的红外警戒系统的具体指标特征进行评价, 评价效果比较直观。

在红外警戒对抗过程中, 虚警率测量受环境的影响较大, 因此不能全部依靠系统的测量结果来进行判断, 而是需要结合人的主观判断进行全面的评判。在红外警戒系统中, 经过空间滤波后, 取阈值得到的数据大部分仍是背景杂波, 特别是类似于点目标的干扰和边缘信号, 将会严重影响系统的探测性能, 产生大量的虚警, 因此必须把它们排除掉。所以在红外警戒效果评价中, 需要评价人员分析杂波和目标的特征, 然后以此为依据作进一步处理, 并结合人的主观判断把虚警降到最低点, 以达到准确告警的目的。

要想在红外警戒对抗过程中准确判定告警信号, 在前期的准备工作中需要了解大量威胁目标和非威胁目标在红外波段的目标特性, 并且掌握大量目标和背景的红外特征数据。首先, 我们分析目标与杂波的特征。表 1 列出了目标和杂波在空间、时间和光谱上的一些特点。

表 1 目标和杂波的特点

特征域	信号源	
	目标	杂波
空间	点源	扩展源和点源
时间	稳定, 有相对运动	瞬变或稳定, 运动不明显
光谱	两波段都较强	单波段较强

从表 1 中可以看出,告警目标的运动是有规律的。导弹类目标都是向着指定的摧毁目标飞行的,目标信号一直存在,且飞行方向不变。此时,目标的红外辐射强度基本保持不变。飞机舰船类目标的移动速度基本比较稳定,其运动方向有规律,红外辐射特性变化较小。杂波等干扰信号一般没有运动规律或者固定不动,其红外辐射强度变化较大,而且部分干扰信号会时有时无。在红外警戒效果评价过程中,首先需要分析目标的运动特征,然后结合一些常用威胁目标的红外特性数据对目标是否具有危险或者其威胁程度进行判定。

在红外警戒效果评估过程中,人们需要用舰载红外告警系统对来自各个方向的多个威胁目标和非威胁目标进行观测,然后对其观测结果进行评价。根据红外警戒系统的原理、工作方式和技术指标以及目标的红外特征,我们总结出了以下的评价方法:

(1) 在水平方向 $/360^\circ$ 全方位、垂直方向 $/0^\circ \sim 60^\circ$ 范围内,系统能否对来袭目标进行及时告警。如果系统能够对试验中各个方向的目标进行告警,并及时、准确地把目标的方位及速度传送给武器火控系统,那么可以判定该系统满足搜索范围要求。

(2) 记录系统首次发现各个方向目标时的目标位置,并通过 GPS 数据计算探测距离。若得出的最短探测距离大于 10 km,则可认为该系统满足探测距离的要求。

(3) 记录系统对出现在系统探测范围和探测距离内的目标的出现时间和系统告警时间。若每次两个时间之差的平均值小于 5 s,则可认为该系统满足反应时间的要求。

(4) 观测系统每一次告警时的红外图像,并通过分析目标的运动方向、运动规律以及红外辐射特性和结合人的主观经验来判断每次告警是否为真实的威胁目标,同时记录系统的告警次数和正确告警的次数。将系统正确告警的次数除以试验中总的威胁目标的个数就是系统的探测概率。将系统的告警次数与正确告警的次数之差除以总的威胁目标的个数就是系统的虚警率。若计算得到的系统的探测概率和虚警率达到指定要求,则可判断该系统合格。

4 结论

为了满足现代海战的需求,用红外警戒系统搜索来袭反舰导弹可以有效消除多路效应和海面杂波等因素的影响,并可明显提高舰艇的低空探测能力,对提高舰艇的战场生存能力具有较为重要的现实意义。本文通过分析舰载红外警戒系统的组成结构、工作原理和使用方式,总结了该系统的效果评价方法,为其试验和训练提供了有力的技术支撑。

参考文献

- [1] 周刚,陈奇.舰载红外搜索警戒系统对反舰导弹的捕捉概率[J].*舰船科学技术*,2009,31(7):75-77.
- [2] 李熙莹,倪国强,蔡娜.红外探测系统在反巡航导弹中的应用[J].*激光与红外*,2003,33(1):8-12.
- [3] 朱耘.红外警戒系统综述[J].*舰船科学技术*,2001,20(1):43-47.
- [4] 周润芝,马良荔.舰载红外警戒系统目标图像的离群点挖掘算法[J].*激光与红外*,2010,40(3):95-98.
- [5] 丁坤,谢文.外军光电对抗技术发展特点及趋势[J].*兵工自动化*,2010,29(7):19-21.
- [6] 李承选,朱斌.国外舰载红外搜索跟踪系统[J].*国防科技*,2005,23(8):38-40.